

María Pilar Domínguez Oliván

Valoración posturográfica de la reeducación del trastorno vestibular unilateral periférico sintomático: contribución al estudio de la integración multisensorial en la orientación espacial

Departamento
Fisiatría y Enfermería

Director/es
Bengoetxea Arrese, Ana
Villarroya Aparicio, Adoración

<http://zaguan.unizar.es/collection/Tesis>



Reconocimiento – NoComercial – SinObraDerivada (by-nc-nd): No se permite un uso comercial de la obra original ni la generación de obras

© Universidad de Zaragoza
Servicio de Publicaciones



Tesis Doctoral

VALORACIÓN POSTUROGRÁFICA DE
LA REEDUCACIÓN DEL TRASTORNO
VESTIBULAR UNILATERAL
PERIFÉRICO SINTOMÁTICO:
CONTRIBUCIÓN AL ESTUDIO DE LA
INTEGRACIÓN MULTISENSORIAL EN
LA ORIENTACION ESPACIAL

Autor

María Pilar Domínguez Oliván

Director/es

Bengoetxea Arrese, Ana
Villarroya Aparicio, Adoración

UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

Fisiatría y Enfermería

2016



Universidad
Zaragoza

TESIS DOCTORAL

Valoración posturográfica de la reeducación del trastorno vestibular unilateral periférico sintomático. Contribución al estudio de la integración multisensorial en la orientación espacial.

Autora

M^a Pilar Domínguez Oliván

Directoras

Prof. Dra. Adoración Villarroya Aparicio

Prof. Dra. Ana Bengoetxea Arrese

Facultad de Ciencias de la Salud

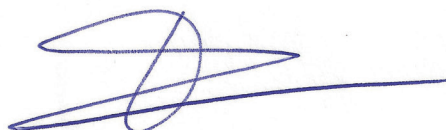
D^a Adoración Villarroya Aparicio, profesora del Departamento de Fisiatría y Enfermería de la Universidad de Zaragoza y D^a Ana Bengoetxea Arrese, profesora de la Facultad de Ciencias de la Motricidad de la Universidad Libre de Bruselas (Faculté de Sciences de la Motricité-Université Libre de Bruxelles)

CERTIFICAN

que D^a M^a Pilar Domínguez Oliván, Graduada en Fisioterapia, ha realizado bajo su dirección y en el Departamento de Fisiatría y Enfermería de la Universidad de Zaragoza el trabajo “Valoración posturográfica de la reeducación del trastorno vestibular unilateral periférico sintomático. Contribución al estudio de la integración multisensorial en la orientación espacial”, que se recoge en este proyecto y memoria, para optar al grado de Doctor por la Universidad de Zaragoza.

Y para que conste de acuerdo con la legislación vigente, firman este certificado

Zaragoza, a 26 de octubre de 2015



Fdo: Adoración Villarroya



Fdo: Ana Bengoetxea

A mi hijo Pedro. Espero saber compensarte esas horas robadas, que con tanta resignación has sobrellevado.

A Jesús, mi trébol de cuatro hojas.

Agradecimientos

A mis directoras de tesis Dorita Villarroya y Ana Bengoetxea, por su capacidad de trabajo, por su pensamiento científico, por su orientación y dedicación en esta tesis y por su amistad.

A mis padres, Jesús y Pilar, por ofrecerme los valores para caminar por esta vida.

A mi hermano Guillermo, profesor del Departamento de Métodos Estadísticos de la Universidad de Zaragoza, por su guía en algunas de las arduas cuestiones estadísticas.

A Jesús Fraile Rodrigo, otorrinolaringólogo de la Unidad de Vértigo del Hospital Universitario Miguel Servet, por ser un ejemplo a seguir como profesional y persona. Por su inestimable ayuda, a pesar de las dificultades, en la derivación de los pacientes de esta tesis y en la revisión de los aspectos médicos de la misma.

A mi compañera y amiga M^a Angeles Tejedor García, fisioterapeuta del Hospital La Paz de Madrid y Tutora Bobath, por estar siempre dispuesta a conversar largamente sobre cuestiones neurofisiológicas del equilibrio y movimiento.

A Isabel Gómez Gálvez, Directora de la Biblioteca de la Facultad de Ciencias de la Salud, por su eficacia para localizar publicaciones recónditas y por solventar pacientemente mis dudas.

A mi primo Carlos, por echarme una enorme mano con las cuestiones del diseño gráfico.

A mis compañeros/as fisioterapeutas del Hospital Universitario Miguel Servet y a mis colegas de la Facultad de Ciencias de la Salud, por sus frecuentes palabras de ánimo y por soportar durante mucho tiempo mi conversación monotemática.

A mis pacientes neurológicos del hospital, por enseñarme algo nuevo cada día.

Y de manera especial, a quienes han participado en los grupos de este estudio: pacientes, compañeros/as, amigos/as y demás personas voluntarias, sin los que esta tesis no podría haberse realizado.

*“Las cosas no se dicen, se hacen, porque al
hacerlas se dicen solas”*

Woody Allen

Índice



Índice

Resumen	19
Abstract	21
Lista de abreviaturas frecuentes	23
Introducción	27
Anatomofisiología del equilibrio en bipedestación	29
Sistema visual	29
Sistema somestésico	33
Sistema vestibular	35
El esquema corporal y la percepción de la orientación.....	43
La lesión vestibular periférica	46
Registro del equilibrio mediante posturografía.....	50
Registro de la percepción de la orientación	51
La reeducación vestibular	52
Justificación	59
Hipótesis	63

Población, material y metodología 71

Requisitos legales previos	71
Población	72
Material	75
Metodología.....	77

Resultados 97

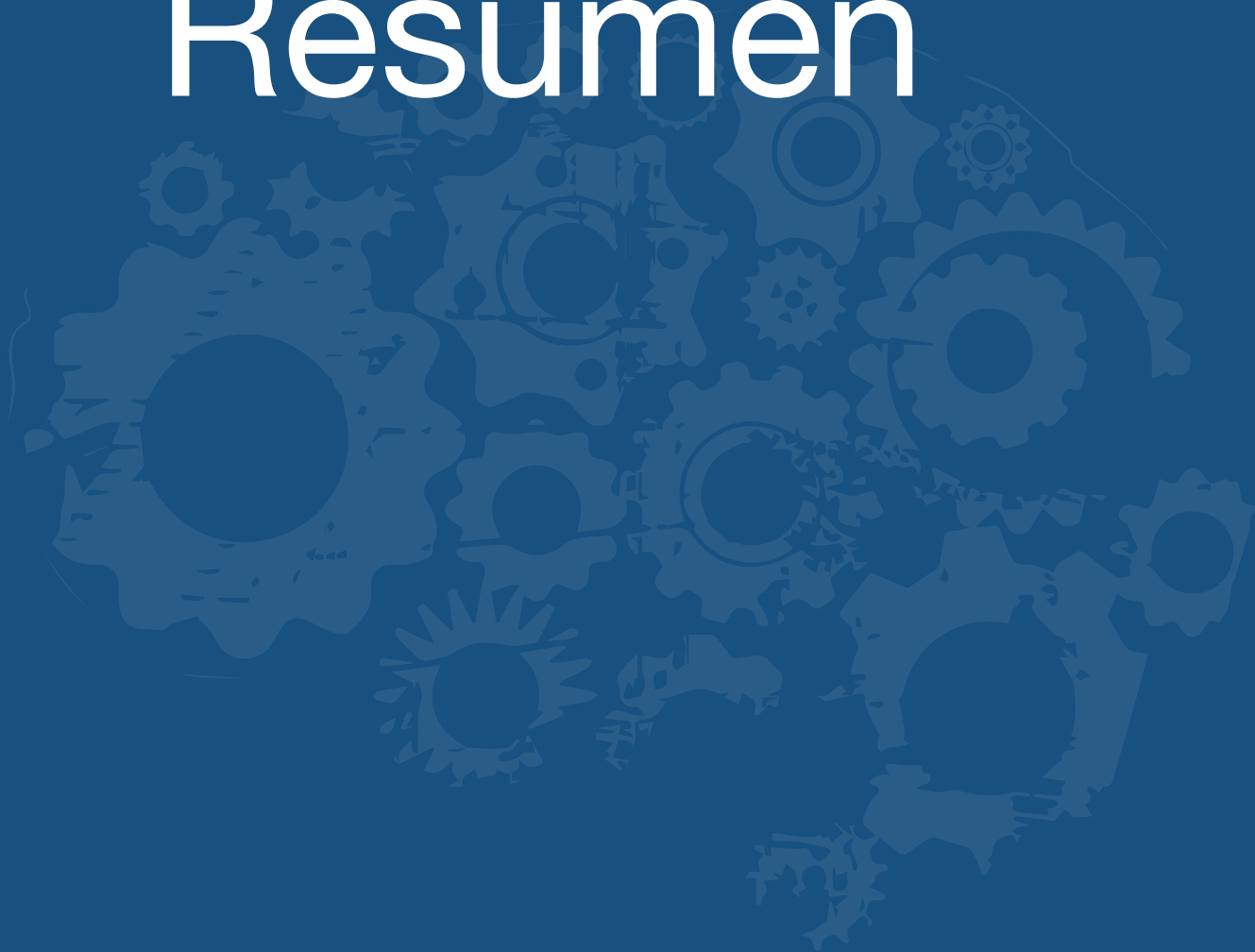
Resultados del registro de equilibrio	101
Resultados de las pruebas de percepción de la orientación.....	145
Resultados del cuestionario de calidad de vida y de la percepción de mejoría subjetiva.....	178

Discusión 187

Control postural registrado con la plataforma de posturografía	191
Control postural registrado con la plataforma de posturografía antes de la reeducación vestibular	191
Control postural registrado con la plataforma de posturografía después de la reeducación vestibular	199
Percepción de la orientación	210
Percepción de la vertical subjetiva antes y después de la reeducación vestibular	210
Percepción de la vertical subjetiva y de la orientación visual a 90° antes y después de la reeducación vestibular.....	213
Percepción de la orientación visual antes y después de la reeducación vestibular	215
Percepción de discapacidad	218
Percepción de discapacidad antes de la reeducación vestibular.....	218
Percepción de discapacidad y de la mejoría subjetiva tras la reeducación vestibular	218

Limitaciones del estudio	223
Conclusiones	227
Referencias bibliográficas	231
Anexos	247

Resumen



Resumen

Introducción: El control postural y el movimiento voluntario forman parte del control motor. Para que este pueda realizarse de manera óptima, el cerebro ha de realizar una correcta integración no lineal de las aferencias vestibulares, visuales y somatosensoriales. El sistema vestibular, como sistema aferente, recoge la información de la posición de la cabeza con respecto a la gravedad y de los cambios en la aceleración lineal y angular de la misma. Como sistema vestibular central, tiene un papel fundamental en este control motor, así como en la orientación y memoria espaciales con las que se lleva a cabo.

Cuando sucede una lesión vestibular periférica, la elaboración, interpretación y procesamiento de las informaciones aferentes es deficiente y por tanto el control motor se ve comprometido con mayor o menor intensidad. A medida que el proceso va evolucionando en el tiempo, se produce de manera espontánea un proceso de neuroplasticidad que facilita la recuperación o la compensación de la lesión, pero que a veces es incompleto y requiere de reeducación vestibular (RV).

Objetivos: Valorar la calidad del equilibrio, la orientación y la percepción de discapacidad en un grupo de casos de 30 sujetos, con patología vestibular unilateral periférica sintomática (LVU) antes y después de aplicar un programa de reeducación vestibular. Comparar los valores iniciales y finales de los sujetos con LVU, con los registrados por un grupo control de 30 participantes.

Metodología: se registró mediante posturografía estática y dinámica la calidad del equilibrio. Se analizaron la percepción de la vertical subjetiva y la orientación visual. Se valoró también la percepción de discapacidad. Estos registros se efectuaron antes y después de un programa de reeducación vestibular en personas con LVU. En el grupo control se cuantificaron el equilibrio y la orientación al comienzo del estudio. Además, en la LVU se valoró la mejoría subjetiva al finalizar el tratamiento. Se compararon todos los valores registrados en los sujetos con LVU antes y después de la reeducación vestibular, tanto en la totalidad del grupo como distinguiendo a los participantes en función de la duración del proceso o del lado en lesión. Los valores iniciales y los finales fueron comparados con los valores de referencia registrados en el grupo control.

Resultados: la reeducación vestibular mejoró el control postural y la calidad de la orientación espacial de la mayoría de los participantes y disminuyó su percepción de discapacidad. La RV resultó más efectiva en sujetos en fase aguda y en aquellos con lesión en el sistema vestibular derecho. Las personas con mayor necesidad de la información visual o mayores dificultades en la integración de las aferencias sensoriales no se beneficiaron de la RV. La prueba de la vertical visual subjetiva (VVS) puso en evidencia que los sujetos con LVU tienen dificultades en la integración de la aferencia gravitacional y que la lateralidad de la lesión es determinante para la percepción de la vertical. La prueba de orientación visual (OV) mostró la alteración del referencial egocéntrico en los sujetos en fase aguda y su recuperación en la fase crónica.

Conclusiones: con la RV con plataforma de posturografía se consiguió una mejora de la función vestibular, pero sobre todo una mejor interpretación e integración de las aferencias propioceptivas y en menor medida de las aferencias visuales. La RV fue más efectiva cuando se realizó en la fase aguda del proceso. Las personas con LVU tuvieron dificultades en la percepción de la orientación, en mayor medida durante la fase aguda o si la lesión estaba en el lado izquierdo. Las personas diestras con lesión en el oído izquierdo requieren para mejorar su control postural de un tratamiento asimétrico que favorezca la neuroplasticidad del hemisferio no dominante.

Palabras clave: control postural, equilibrio, orientación, percepción, reeducación, vestibular.

Abstract

Introduction: Motor control includes postural control and voluntary movement. For an optimal motor control it is necessary that brain integrates vestibular, visual and somatosensorial inputs properly, in a nonlinear way. Vestibular system, as an afferent organ, encodes head position in relation to gravity and changes in its linear and angular acceleration. As vestibular central system, it plays an essential role in motor control and in orientation and spatial memory as well.

When a peripheral vestibular lesion occurs, elaboration, interpretation and processing of inputs are deficient and therefore motor control is altered to a greater or lesser degree. As process progress in time, there is a natural neuroplasticity that facilitates recovery or compensate vestibular function, although sometimes this process is incomplete and requires vestibular reeducation (RV).

Objectives: to assess changes in balance control, orientation and handicap perception in one case group composed by 30 participants, with symptomatic unilateral peripheral vestibular dysfunction (LVU), before and after a RV programme. To compare values obtained at the beginning and at the end of RV to those achieved by 30 control participants.

Methods: balance quality was registered with static and dynamic posturography. Visual vertical and visual orientation perception were analysed with bucket test. Vestibular disability was also assessed. Variables were registered at the beginning and at the end of a RV in LVU participants. Reference values were obtained in the control group. In LVU, subjective improvement was also registered in the final assessment. Values obtained by LVU participants before and after treatment were compared, as a single group or distinguishing between acute or cronic process, or between both sides of vestibular lesion. Pre and post measurements were compared to those obtained in the control group participants.

Results: Balance control and spatial orientation quality improved and disability perception decreased in most LVU subjects after RV. RV was most effective in acute phase injury and in right vestibular lesions. People with a major visual depen-

dence or greater difficulties for inputs integration obtained a lesser improvement. Subjective visual vertical (VVS) evidenced that LVU patients had more difficulties in integrating gravitational afference and that side of vestibular lesion was essential for verticality perception. Visual orientation (OV) showed a disturbance of egocentric references in the acute period of LVU and its recovery in the chronic phase.

Conclusions: RV provides a better vestibular function, but especially a more accurate interpretation and integration of proprioceptive afferences and in a lesser extent this process is made concerning visual afferences. RV is more effective when accomplish in the acute phase of process.

LVU have difficulties in perception, in a greater manner in acute phase or in left vestibular lesions.

Right handed people with left ear damage need an assymetrical treatment that benefits non-dominant hemisphere neuroplasticity.

Keywords: balance, orientation, perception, postural control, reeducation, vestibular.

Lista de abreviaturas frecuentes

C.P.: centro de presiones

DHI: *dizziness handicap inventory*

GC: grupo control

GV: grupo vestibular

LVU: lesión vestibular unilateral periférica sintomática

OA: ojos abiertos

OC: ojos cerrados

ORL: otorrinolaringología

OV: Orientación visual

SNC: sistema nervioso central

RV: reeducación vestibular

RVI: realidad virtual inmersiva

VOR: reflejo vestibuloocular

VVS: vertical visual subjetiva

Nota: En este trabajo y con respecto al género, se ha procurado la utilización de términos inclusivos. No obstante a veces la redacción ha sido en género masculino, pero únicamente con el fin de facilitar la lectura.

1

Introducción

“El control postural es la base para el movimiento”

Introducción

Una de las capacidades funcionales más importantes del ser humano es la de cambiar su posición en el espacio. Para ello es condición indispensable el conocimiento continuo de la postura con respecto a sí mismo y al espacio que le rodea.

La postura es la posición relativa de las diferentes partes del cuerpo entre sí y en relación con el entorno, con la referencia permanente de la gravedad. Es un concepto un tanto estático, mientras que el control postural es un concepto más amplio que engloba la postura y que se refiere a la capacidad de orientar las partes del cuerpo entre sí y con el mundo exterior sin pérdida de equilibrio, tanto cuando el cuerpo está parado como cuando está en movimiento. Ambas capacidades se basan en mantener el centro de gravedad dentro de los límites de estabilidad y este proceso comienza en los receptores vestibulares, visuales y somatosensoriales, cuyas aferencias son procesadas de manera muy compleja en diversas áreas del sistema nervioso central (SNC) y termina en la acción mecánica del sistema musculoesquelético (1). Se precisa también para mantener el control de la postura una correcta percepción de la orientación espacial y corporal, así como atención **(Figura 1)**.

Frecuentemente estas capacidades se ven perturbadas de manera temporal o permanente a causa de alteraciones del sistema vestibular por causa periférica o central.

El vértigo es uno de los principales motivos de consulta médica, con una prevalencia del 5% tras 12 meses de duración y una incidencia del 1,4% en adultos (2). La prevalencia aumenta con la edad y es unas 2 o 3 veces más frecuente en mujeres que en hombres (3). En un estudio realizado en Francia en el año 2012 se registró una prevalencia del 48,3% en el vértigo de más de 12 meses de duración, del 39,1% para la inestabilidad y del 35,6% para el mareo (4).

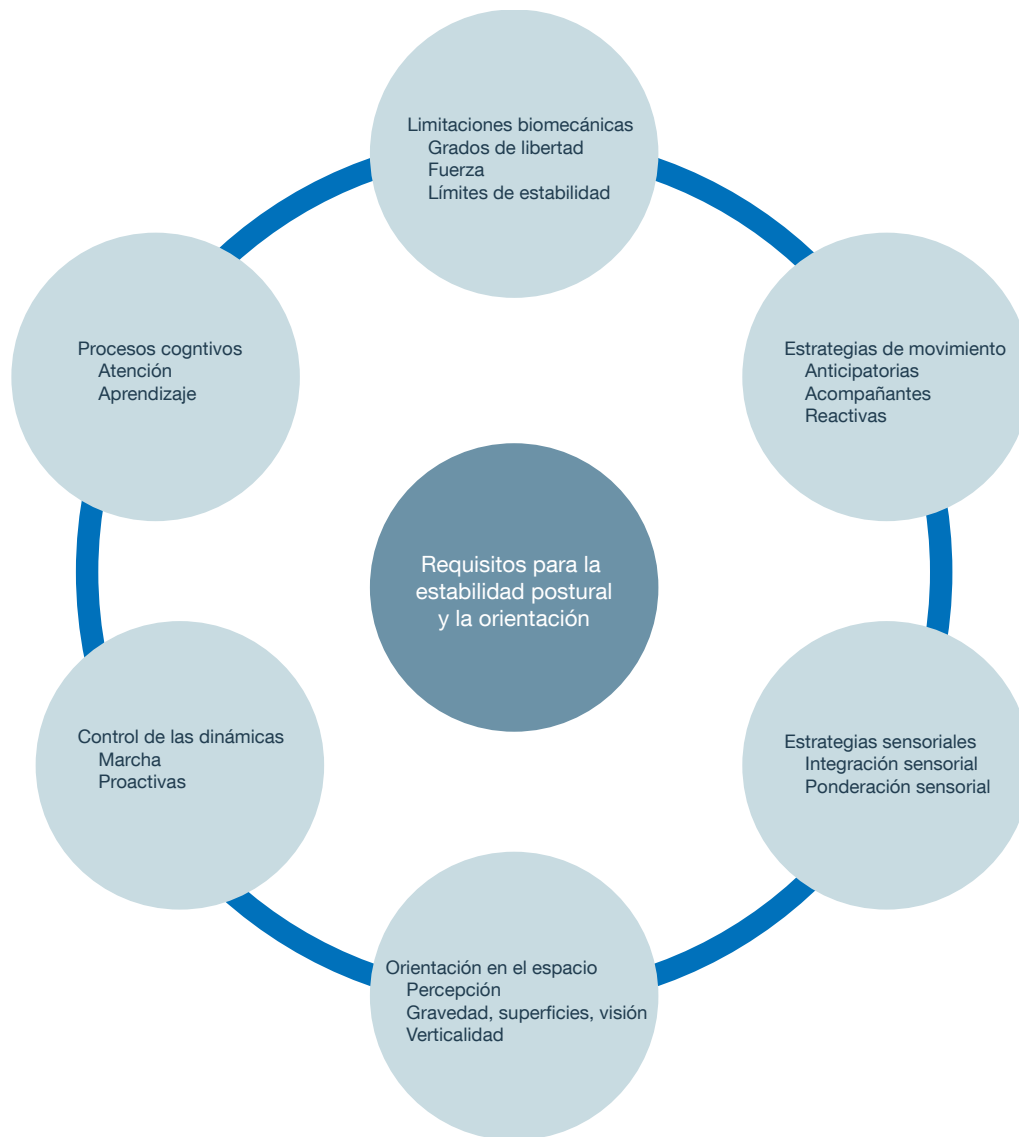


Figura 1. Requisitos necesarios para el control postural y la orientación. Los desequilibrios en cualquiera de los aspectos integrantes pueden suponer alteraciones del equilibrio e incluso caídas. Adaptado de Horak (5).

Anatomofisiología del equilibrio en bipedestación

El sistema nervioso central analiza tres fuentes de información aferentes o modalidades para que sea posible el control postural. Esta información proviene de los receptores del aparato vestibular situados en el oído interno, la fóvea situada en la retina ocular y el sistema propioceptivo. Las aferencias proporcionadas por todos estos receptores son complementarias entre sí y a partir de ellas el SNC elabora una organización muy compleja del control postural, siendo este bastante proactivo, adaptativo y organizado de acuerdo a experiencias previas y a la intención (6). No se trata por tanto de una integración jerarquizada de las aferencias, sino de una integración multisensorial cuya doctrina básica es que la información sensorial de las diferentes modalidades es utilizada de manera óptima, dependiendo de su fiabilidad relativa (7,8).

Se describen a continuación las características anatomofisiológicas básicas para comprender el mantenimiento del control postural en bipedestación.

Sistema visual

El sistema visual contribuye a la orientación espacial y a la percepción del movimiento. La información visual aporta datos acerca de la estructura tridimensional del entorno, por lo que es importante la iluminación de éste.

La estabilidad de la mirada se refiere a la habilidad del cerebro para estabilizar los ojos en el espacio, con el fin de asegurar una visión clara durante los movimientos de la cabeza (9).

La estimulación visual puede ser foveal y voluntaria (seguimiento lento) o retiniana y no voluntaria (sistema optocinético). Ambos sistemas discurren por vías diferentes con el objetivo común de estabilizar la mirada (10).

Para controlar la estabilidad de la mirada existen fundamentalmente tres movimientos oculares distintos: el movimiento ocular sacádico, el movimiento ocular de seguimiento y el movimiento nistágmico.

Los movimientos sacádicos son usados para desplazar de manera voluntaria la mirada de un objeto a otro con gran rapidez (entre 200 y 600°/s) cuando el objeto se encuentra en el área de visión periférica. Su control es troncoencefálico. En otología tienen gran interés cuando se producen de manera refleja, ya que van a constituir la fase rápida del nistagmo del que se habla a continuación.

Los movimientos oculares de seguimiento o de seguimiento ocular lento permiten mantener en la fóvea un objeto que se desplaza lentamente por el campo visual (hasta 40-50°/segundo). Si la velocidad aumenta se produce un movimiento sacádico para no perder visualmente el objeto. La vía nerviosa parte de las zonas parietoccipitales y llega a los núcleos oculomotores de la formación reticular (11). Son además controlados por el cerebelo y siguen una vía diferente si el movimiento es horizontal o vertical.

Los movimientos nistágmicos permiten ver mientras nos movemos y se caracterizan por una desviación lenta de la mirada seguida de un movimiento rápido que devuelve la mirada al punto inicial. Los movimientos nistágmicos se producen a través de dos mecanismos reflejos: el reflejo vestibuloocular y el reflejo optocinético. El reflejo vestibuloocular (VOR) produce un movimiento ocular reflejo que estabiliza la imagen en la retina durante el movimiento de la cabeza, produciendo un movimiento ocular en la dirección opuesta al movimiento de la cabeza y conservando la imagen en el centro del campo visual (**Figura 2**). En el reflejo vestibuloocular es importante la ganancia del VOR, definida como la relación entre la magnitud de la fase lenta correctiva del ojo en respuesta a la magnitud del movimiento pasivo de la cabeza. Tiene una latencia de 5-6 ms (12). Idealmente la ganancia del VOR es de 1, lo que significa que el movimiento del ojo es exactamente igual y opuesto al movimiento de la cabeza y que dicho movimiento ocular corrige exactamente los movimientos de la cabeza, de forma que las imágenes permanecen estables en la retina durante el movimiento cefálico (13).

Se describen tres orientaciones para el reflejo vestibuloocular:

- El reflejo vestibuloocular de rotación, que compensa el movimiento de rotación de la cabeza.
- El reflejo vestibuloocular de traslación, que contrarresta el movimiento lineal de la cabeza.
- La respuesta ocular de contrarrotación, que compensa la inclinación de la cabeza en el plano vertical.

Grandes desplazamientos del campo visual (en ausencia de movimientos de cabeza) requieren de otros movimientos oculares que son producidos por el reflejo optocinético y que complementan el VOR. El reflejo optocinético combina un seguimiento lento de los ojos en la dirección del objeto con una sacada en sentido contrario. Es complementario al VOR y e impiden ambos, con la contribución del cerebelo, que haya un desfase de la imagen sobre la retina y, por lo tanto, una visión borrosa (14). Se ve cuando una persona sigue con sus ojos un objeto en movimiento, que luego se mueve fuera del campo de visión y en ese momento su ojo se mueve a la posición en que estaba cuando vio por primera vez el objeto (por ejemplo al seguir con la mirada desde un vehículo en movimiento los postes eléctricos. El paso rítmico de los postes produce un movimiento ocular continuo con un componente lento de seguimiento y uno rápido de búsqueda del siguiente poste).

La combinación del reflejo vestibuloocular y del reflejo sacádico da lugar al nistagmo, que puede ser normal o patológico.

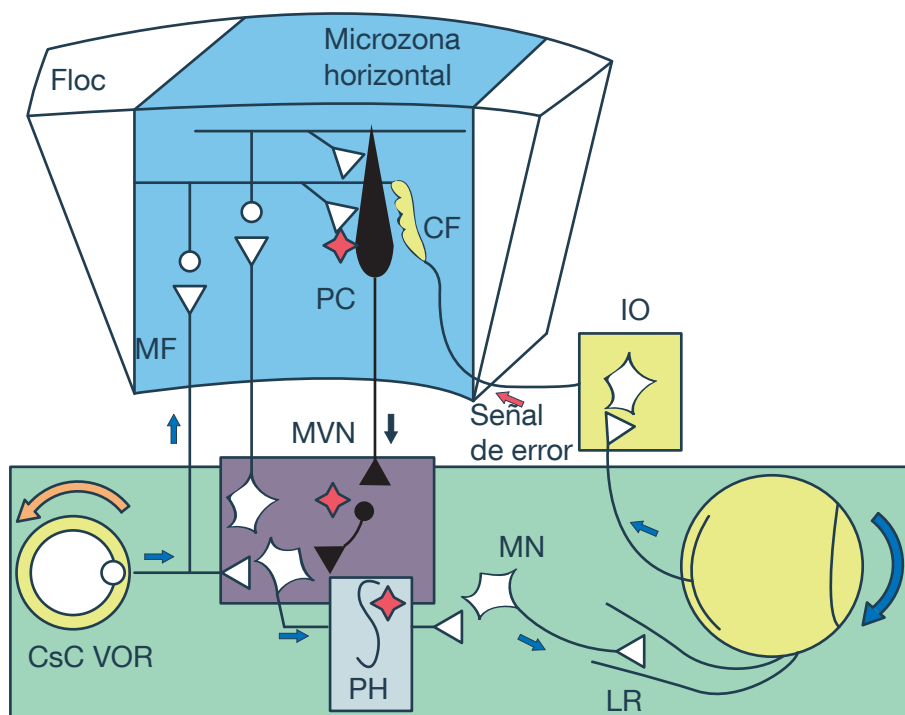


Figura 2. Papel del cerebelo en el control del VOR. (a) Diagrama esquemático de los circuitos que conectan las vías del VOR y que incluyen el canal semicircular (CsC), el núcleo vestibular medial (MVN), las motoneuronas del núcleo del abducens (MN), el músculo recto lateral (LR), las fibras musgosas en la corteza cerebelosa, las células de Purkinje y el integrador neural localizado en el núcleo prepósito hipoglosa (PH) y la microzona horizontal del flóculo (Floc). Los errores de la señal comenzada por el deslizamiento de la retina son transmitidos por la oliva inferior (IO) a través de las fibras ascendentes (CF). El asterisco indica la posible ubicación de la plasticidad del VOR. El integrador neural transforma la información de velocidad del ojo en posición. Adaptado de Cheron *et al.* (14,15).

El procesamiento cerebral de la información visual es mucho más lento y menos eficaz que el procesamiento vestibular para la estabilización de la imagen, además de que el sistema visual no puede distinguir por sí solo el movimiento propio del movimiento de un objeto o del entorno (16,17).

Actividades habituales de la vida diaria tales como el correr pueden suponer velocidades de la cabeza superiores a $550^\circ/\text{s}$, aceleraciones de la cabeza superiores a $6000^\circ/\text{s}^2$ y frecuencias de oscilación de la cabeza que van desde los 0 a los 20 Hz.

Únicamente el sistema vestibular puede detectar movimientos de la cabeza por encima de estos valores de aceleración y frecuencia. La latencia del VOR es de unos 5-7 milisegundos, mientras que los mecanismos de seguimiento lento generan velocidades oculares menores (por debajo de $60^\circ/\text{s}$) con unas latencias relativamente mayores (por encima de los 100 milisegundos) (18).

El VOR es la referencia estándar para valorar la función vestibular periférica (11). En los sujetos con problemas vestibulares unilaterales, el VOR no permite mantener los ojos estables en el espacio durante los movimientos rápidos de la cabeza o incluso con la cabeza quieta. Esto es así porque la hipofunción del lado en lesión produce una desviación lenta de los globos oculares hacia ese lado y en el momento en el que se pierde la visión del objeto los globos oculares se mueven rápidamente hacia el lado sano: son respectivamente las fases lenta y rápida del nistagmo patológico. La fase lenta es de causa vestibular y la rápida es de compensación del movimiento ocular producido (19). Si la ganancia del VOR es errónea (diferente a 1), entonces los movimientos de la cabeza producen movimientos de la imagen en la retina, resultando una visión borrosa. En otras ocasiones, movimientos oculares excesivos para el estímulo visual que se está percibiendo pueden suponer alteraciones del equilibrio e incluso caídas en sujetos con patología vestibular. La contribución de la visión en el mantenimiento de la postura depende de la iluminación, la distancia entre el ojo y el objeto, el contraste, el tamaño, la ubicación en el campo visual, etc (20) **(Figura 3)**.



Figura 3. Entornos visuales tan habituales como el vestíbulo del edificio multifuncional del Hospital Universitario Miguel Servet pueden suponer malestar físico en personas con LVU.

Sistema somestésico

El SNC, incluidos los niveles corticales, conoce en todo momento la posición en la que se encuentran las diferentes articulaciones del cuerpo, así como el grado de tensión y elongación de la musculatura. Analiza para ello las aferencias elaboradas por los propioceptores de miembros inferiores y tronco (fundamentalmente de la columna cervical), husos neuromusculares y órganos tendinosos de Golgi (21). Es necesario precisar que los receptores somatosensitivos no diferencian entre el movimiento del cuerpo y el de la superficie de apoyo (22).

El sistema postural ejecuta una reacción adaptada a una perturbación únicamente si confronta las diversas informaciones que recibe; por lo tanto, en todo momento ha de haber una integración sensorial congruente de las informaciones somestésica, visual y vestibular recibidas.

El sistema postural se enfrenta a los siguientes retos:

- Mantener al cuerpo en equilibrio en presencia de la gravedad precisa de una actividad antigravitatoria que es generada por el reflejo miotático monosináptico y por los reflejos polisinápticos, consiguiendo de esta manera situar el C.P. a cierta altura y dentro del plano horizontal (22,23). Clásicamente, se consideraba que el equilibrio en bipedestación estática era mantenido por el pivote de tobillo (24), pero numerosos estudios electromiográficos indican que este control comienza a partir de las aferencias propioceptivas proximales de cintura pélvica y tronco, así como de las aferencias cutáneas de las plantas de los pies que detectan la dirección de la perturbación de la superficie de apoyo (25-28).
- Generar respuestas de control postural que precedan y acompañen a los movimientos voluntarios y que permitan que estos se realicen en la dirección deseada. Son los llamados ajustes posturales anticipatorios y acompañantes que se efectúan a través de los sistemas reticuloespinal y corticoespinal (29-31).
- Adaptarse a desequilibrios involuntarios. Esta adaptación se realiza mediante reacciones posturales, generadas por el sistema vestibuloespinal a partir de las aferencias vestibulares y del sistema reticuloespinal con las aferencias sensoriales que llegan a la formación reticular troncoencefálica, siendo ambos sistemas modulados entre sí (22).

Tradicionalmente se han descrito en el sujeto adulto tres estrategias elementales para las respuestas automáticas de recuperación del equilibrio, tras un desequilibrio involuntario en posición de bipedestación (32):

- Estrategia ascendente: cuando estamos de pie y frente a una desestabilización anteroposterior, las reacciones se inician por la angulación del tobillo y seguidamente se estabilizan la pierna, la cadera, el tronco y la cabeza.

- Estrategia de cadera: cuando las perturbaciones del equilibrio son rápidas (como ocurre durante la marcha) o la base de sustentación es pequeña, se utiliza la estrategia de flexión de cadera seguida del ajuste del pivote tobillo (con flexión plantar del pie seguida de su flexión dorsal). En el caso del sistema postural fino, la estrategia postural intenta mantener la proyección del centro de gravedad dentro de una zona central del polígono de sustentación de unos 100 mm².
- Estrategia descendente o vertical: cuando las perturbaciones del equilibrio son grandes y fallan las estrategias antes descritas se realiza un ajuste en la posición corporal para descender el centro de gravedad por medio de la disminución de la altura corporal al flexionar de forma importante los tobillos, rodillas y caderas.

No obstante, no siempre las respuestas respetan estas estrategias, sino que la mayoría de los sujetos utilizan una combinación de las mismas a partir de las demandas del entorno, la frecuencia de la oscilación, así como de factores neurológicos y biomecánicos que incluyen la amplitud articular, la flexibilidad muscular, la exigencia de la tarea, las experiencias previas, así como la disponibilidad y precisión de las entradas sensoriales (5,33).

Sistema vestibular

El oído interno o laberinto se encuentra situado en el centro de la pirámide petrosa del temporal. Está formado por un conjunto de cavidades óseas (laberinto óseo) que contienen las estructuras del laberinto membranoso. El laberinto membranoso está formado por el órgano sensorial coclear destinado a la audición (situado en el laberinto anterior) y el laberinto posterior o aparato vestibular (34), que es la parte del oído interno relacionada con el equilibrio (**Figura 4**). *Grosso modo* se puede decir que el aparato o laberinto vestibular membranoso morfofuncionalmente está constituido por los conductos semicirculares y los órganos otolíticos o vestíbulo (utrículo y sáculo). Son todos ellos órganos aferentes que informan principalmente de la posición estática de la cabeza, de sus cambios de posición y de aceleración. El laberinto membranoso contiene endolinfa, mientras que entre el laberinto membranoso y el óseo se sitúa la perilinfa.

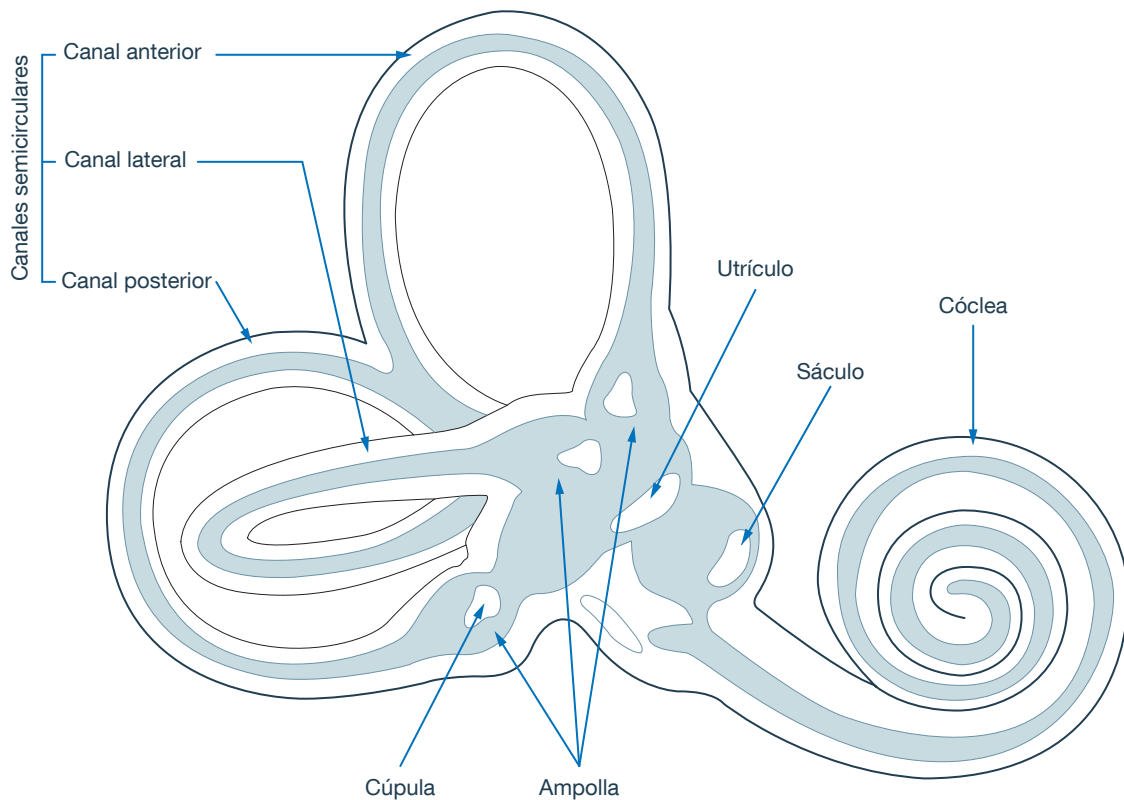


Figura 4. Anatomía del aparato vestibular. El aparato vestibular comprende tres canales semicirculares, con orientaciones espaciales complementarias, el utrículo y el sáculo.

Los conductos semicirculares, situados en la parte posterior del laberinto, son tres tubos membranosos de unos 0,4 mm de diámetro, que forman cada uno alrededor de 2/3 de un círculo de unos 6,5 mm de diámetro.

Cada conducto semicircular se origina y termina en el utrículo mediante un ensanchamiento denominado ampolla. En cada laberinto, los tres conductos son casi exactamente perpendiculares entre sí. El plano en el que se sitúa cada conducto semicircular vertical (anterior o posterior) está inclinado unos 45° con respecto al plano coronal. El conducto semicircular horizontal o externo de cada oído está situado casi horizontalmente cuando la cabeza permanece en su posición erguida habitual (**Figura 5**).

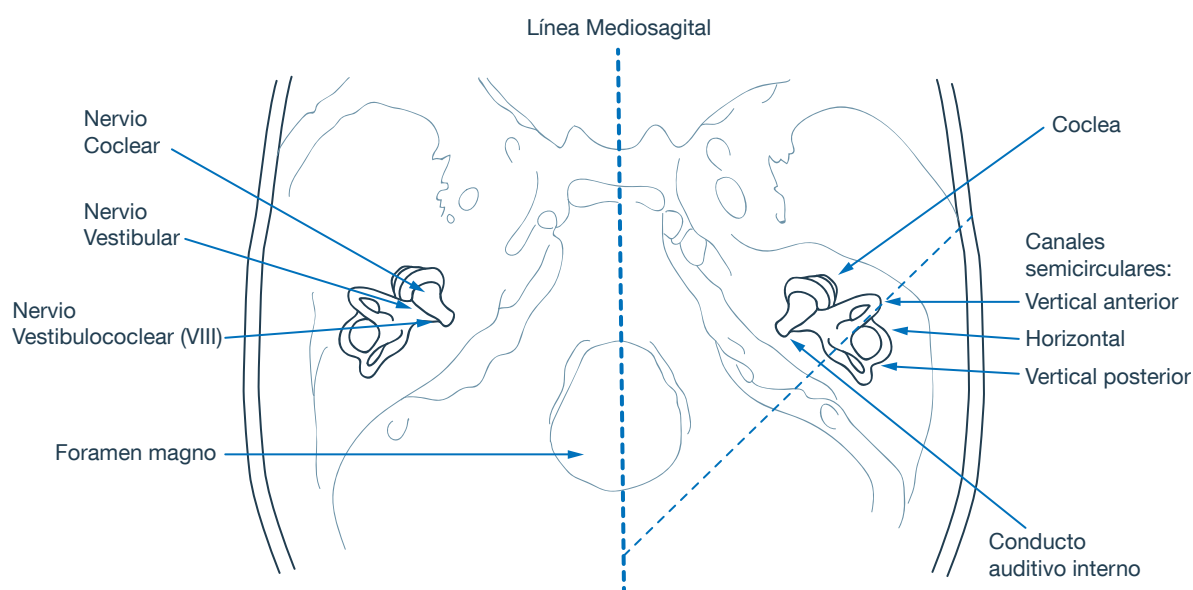


Figura 5. Orientación de los canales semicirculares en la base del cráneo. Adaptado de Goldberg (35).

Los conductos semicirculares detectan aceleraciones angulares producidas por la rotación de la cabeza en cualquier plano del espacio e informan de su magnitud y orientación al cerebro. Son capaces de percibir aceleraciones (o deceleraciones) incluso de 0,1 grados/s² (36).

Cada conducto semicircular presenta una expansión o ampolla en un extremo, en la cual se sostiene la cresta ampular o neuroepitelio sensorial. Contiene entre otras las células ciliadas sensoriales. Los cilios y el cinocilio (que es el cilio más grande) de cada célula ciliada están insertados en la sustancia gelatinosa que forma la cúpula. La cúpula posee la misma densidad que la endolinfa y por tanto no se ve afectada por la fuerza de la gravedad (11). De manera simplificada, la transmisión de la información es posible gracias a estas células ciliadas ubicadas en el interior de los tres conductos, cuyos haces pilosos traducen los estímulos mecánicos en potenciales eléctricos. De esta manera, una aceleración angular que siga el mismo eje de rotación de un canal semicircular hace que la endolinfa se mueva en sentido contrario al de la aceleración y forme una corriente endolinfática de inercia, que moviliza la cúpula de la cresta ampular, la cual empuja a las células neurosenso-

riales, estimulándolas. En función de la dirección del movimiento, hay una despolarización de la célula sensorial, pasando de los 80 mV de la situación de reposo a los 60 mV, provocando la liberación del neurotransmisor (glutamato) y el inicio de potenciales de acción en las terminaciones nerviosas sensoriales (37). En la deceleración la cúpula vuelve a su posición de reposo en función de su elasticidad, el calibre del canal semicircular y la viscosidad de la endolinfa.

Los órganos otolíticos o vestíbulo (utrículo y sáculo) son dilataciones del laberinto membranoso llenas de endolinfa que se encuentran en el vestíbulo del laberinto óseo. Cada dilatación consta de una área especializada de epitelio sensitivo, la mácula, de unos 6 mm² (37)

El utrículo y el sáculo se activan frente a aceleraciones lineales de la cabeza (incluida la gravedad) (38), pero no informan acerca de qué aceleración tiene el resto del cuerpo más allá de la cabeza ni distinguen entre la aceleración debida a la gravedad y la aceleración lineal de la cabeza (22). El utrículo está orientado en el plano horizontal y el sáculo en el plano vertical y ambos colaboran en la identificación de lo que está vertical con respecto a la Tierra. No obstante, para esta identificación se requiere también la integración de aferencias visuales y propioceptivas cervicales fundamentalmente.

Estos órganos tienen unas células ciliadas con haces pilosos que convierten los estímulos mecánicos en potenciales del receptor, al igual que ocurre con los canales semicirculares. El haz piloso situado en la punta de cada célula ciliada se extiende hasta el espacio endolinfático del utrículo o del sáculo, donde su parte superior está adherida a una lámina gelatinosa denominada membrana otolítica. Sobre la membrana otolítica hay unas partículas densas denominadas otoconias, constituidas por carbonato cálcico. Cuando la cabeza experimenta una aceleración lineal el laberinto se desplaza; sin embargo las otoconias son libres para desplazarse en el interior del órgano receptor. El movimiento de la otoconia se comunica a la membrana otolítica. Este movimiento produce la inclinación de los haces pilosos que unen la membrana otolítica a la mácula, iniciando una respuesta eléctrica en las células ciliadas.

El utrículo es especialmente sensible a las aceleraciones lineales horizontales o a la inclinación de la cabeza en situación estática. El sáculo es sensible a las aceleraciones lineales verticales (18). El umbral de detección de los receptores de la aceleración lineal se sitúa entre los 6 y los 10 cm/s² (36)

Como los órganos otolíticos son bilaterales, el cerebro recibe información complementaria de cada uno de los laberintos.

El nervio vestibular del VIII par craneal (nervio vestibulococlear o estatoacústico) transmite de manera ipsilateral a través de 1 o 2 ramas toda la información recogida por el sistema vestibular al tronco del encéfalo. El nervio vestibular superior inerva al canal semicircular superior, el externo u horizontal y el utrículo, mientras que la rama inferior inerva el canal semicircular posterior y el sáculo.

El VIII par craneal, en conjunto, pasa por el conducto auditivo interno y llega al tronco del encéfalo, a nivel del ángulo pontocerebeloso.

Las primeras dendritas del nervio vestibular contactan con las células pilosas o ciliadas de la porción vestibular del laberinto membranoso y sus cuerpos celulares se encuentran en el ganglio vestibular, dentro del conducto auditivo interno. Las fibras vestibulares terminan en los núcleos vestibulares, a nivel de la parte anterior del bulbo raquídeo (núcleo superior, inferior, medial y lateral), concretamente por debajo de la parte lateral del suelo del cuarto ventrículo (39) **(Figura 6)**.

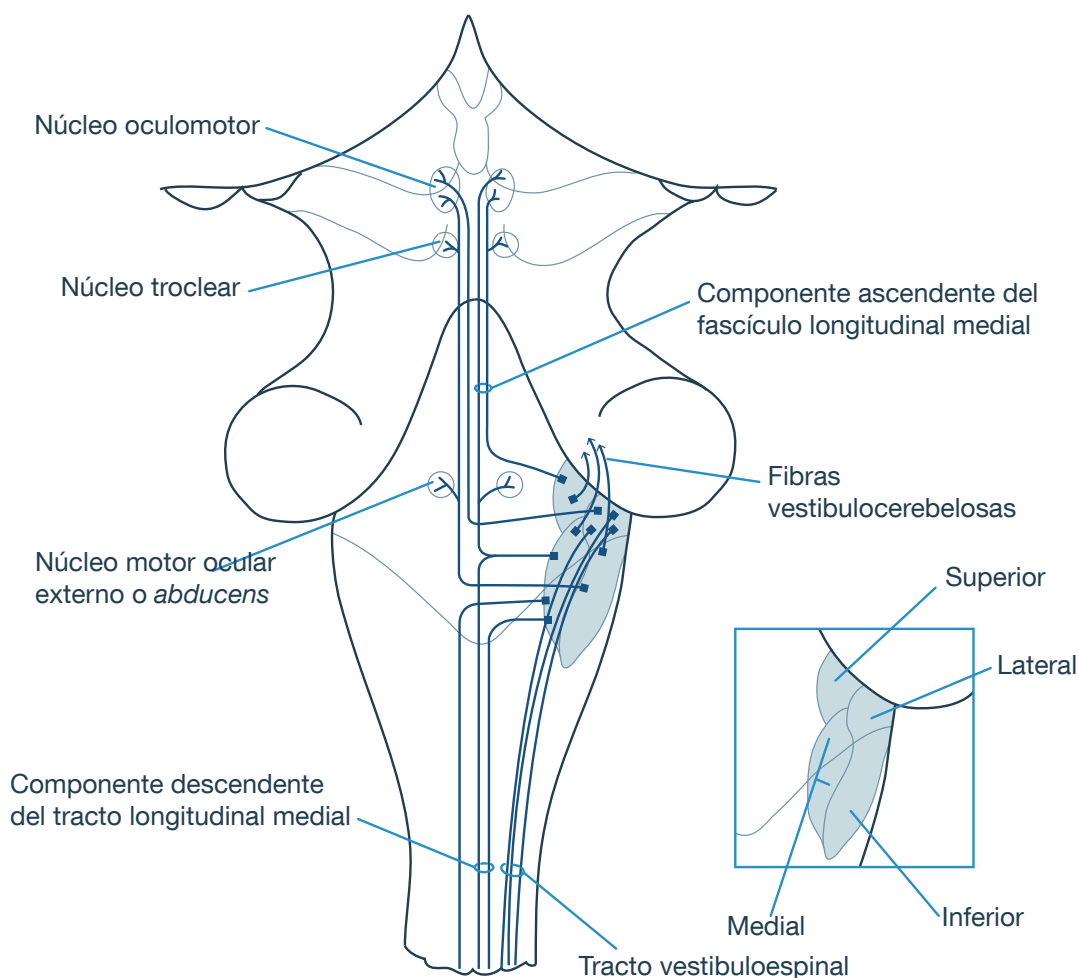


Figura 6. Núcleos vestibulares y vías vestibulares dirigidas hacia la médula espinal y hacia los núcleos de los nervios oculomotores. Adaptado de Kiernan (37).

Los mecanismos vestibulares son los más importantes para la codificación del propio esquema corporal (40). Los núcleos vestibulares establecen contacto con diversas regiones para el control de la postura y el mantenimiento del equilibrio (a través de los sistemas vestibuloespinal lateral, vestibuloespinal medial y reticuloespinal), así como para la coordinación de los movimientos de la cabeza y de los ojos mediante fibras ascendentes del fascículo longitudinal medial, que establece conexiones con los núcleos de los nervios abducens, troclear y oculomotor (VI, IV y III pares craneales respectivamente) y el tálamo (13).

Numerosos estudios de neuroimagen han determinado que la corteza parieto-temporal y la corteza prefrontal en los primates son las localizaciones corticales para el procesamiento de la información vestibular (41), por lo que quizás no sea arriesgado inducir la existencia de áreas similares para los humanos. La parte más importante de la corteza vestibular en humanos se cree que está en la unión temporoparietal y en el giro temporal posterosuperior contiguo (42). Concretamente, a la corteza vestibular parietoinsular se le atribuye especial importancia, dado que integraría las señales vestibulares, las aferencias propioceptivas del cuello y las visuales (43-45). Además, las áreas vestibulares y visuales tienen conexiones recíprocas que pueden estar implicadas en condiciones de normalidad en la resolución de *inputs* o aferencias vestibulares y visuales contradictorias (35). Un ejemplo de estas situaciones visuales contradictorias es la vección, que es la ilusión de estar en movimiento cuando esto no es así. Se produce por ejemplo cuando estamos sentados en un tren que está parado y el tren contiguo comienza a moverse. En este instante, el movimiento del campo visual es interpretado por el cerebro como si nosotros nos moviéramos, hasta que las aferencias vestibulares y propioceptivas le indican que esto no es así. Se considera que cuando los movimientos corporales son amplios y lentos el sistema vestibular los detecta mejor de lo que lo hacen los sistemas propioceptivo y visual (46).

Reflejos vestibulares

Las aferencias vestibulares participan en la representación interna de la posición del cuerpo en el espacio y contribuyen en la regulación del tono postural y en la generación de reflejos motores con el objetivo de mantener estables las referencias visuales y conservar el equilibrio (47).

Los reflejos vestibulooculares son utilizados por el organismo para compensar tanto el movimiento de la cabeza como la percepción del movimiento en el espacio.

También como sistema eferente, las reacciones a través del tracto vestibuloespinal medial permiten al sistema musculoesquelético controlar el movimiento de la cabeza y del tronco. Su función es la de compensar los movimientos corporales y mantener la cabeza estable en el espacio. Los propioceptores musculares, receptores articulares y el sistema vestibular trabajan de manera coordinada en estas reacciones. Son especialmente importantes los reflejos vestibulocervicales, que se producen durante los movimientos corporales o durante la inclinación mantenida del tronco. Son los encargados de mantener la cabeza estable, de tal forma que cuando ésta gira hacia un lado la musculatura antagonista al sentido de giro se activa para que la cabeza permanezca estable al final del movimiento (36).

Sin embargo, las señales vestibulares se habitúan durante la rotación mantenida de la cabeza y son prácticamente inexistentes ante movimientos muy lentos de ésta (**Figura 7**).

El tracto vestibuloespinal lateral activa la musculatura extensora de los miembros inferiores en contra de la gravedad.

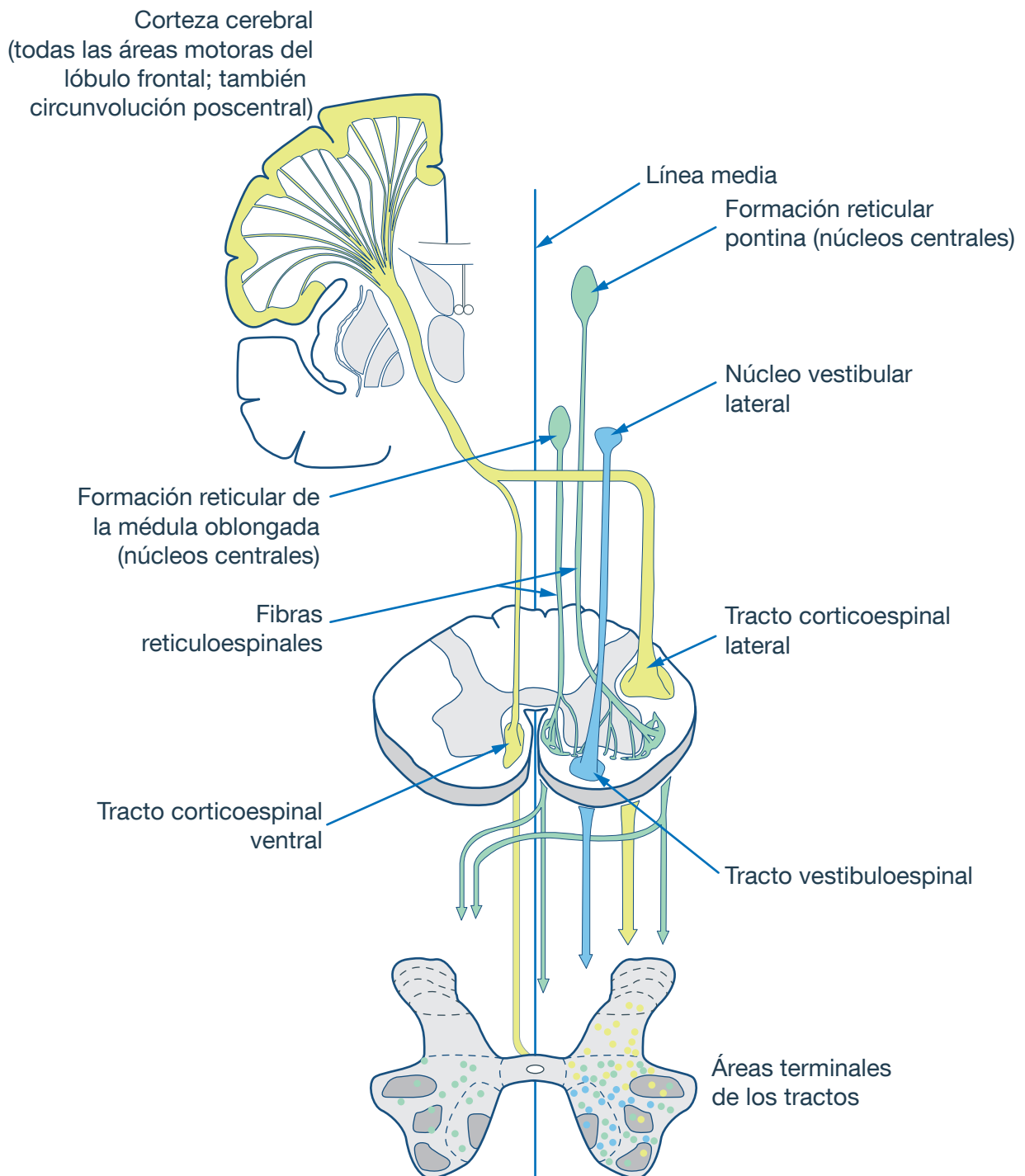


Figura 7. Orígenes, trayectorias y distribuciones terminales de las principales vías implicadas en el control del equilibrio y del movimiento. Adaptado de Kiernan *et al* (37).

Además, el sistema visual no detecta la aceleración, mientras que es la magnitud que detecta el sistema vestibular. Por ello se considera que el sistema vestibular responde mucho más rápido que el sistema visual y percibe antes las alteraciones de la postura. Las señales que van desde los núcleos vestibulares hasta la médula espinal constituyen, como ya se ha mencionado con anterioridad, un factor muy importante para el mantenimiento del control postural. Las neuronas vestibulares se activan de manera tónica en estado de reposo y de manera fásica en respuesta al movimiento de la cabeza.

La organización temporal de las aferencias vestibulares, visuales y propioceptivas varía según la estabilidad de la base de apoyo. De manera simplificada, se puede decir que, cuando la base de apoyo es estable las aferencias son transmitidas en sentido caudocraneal (primero las somatosensoriales, seguidas de las vestibulares y visuales), mientras que cuando la base de apoyo es inestable, las aferencias llegan al SNC en orden craneocaudal (primero las vestibulares, seguidas de las visuales y somatosensoriales). Esta compleja integración de las aferencias proporciona una respuesta motriz jerarquizada y específica para cada situación, de tal manera que la bipedestación estática sobre apoyo firme es regulada por niveles subcorticales y redes de motoneuronas espinales, mientras que cuando las tareas posturales se vuelven más complejas se ven implicadas la corteza premotora y los lóbulos parietales.

Además, la corteza vestibular es multisensorial y por tanto recibe no solamente la información vestibular, sino también las aferencias visuales, las propioceptivas provenientes del cuello y músculos de las extremidades inferiores, así como las aferencias táctiles de las plantas de los pies (48). En concreto, se cree que en el núcleo intersticial de Cajal del tronco del encéfalo, que es un núcleo oculomotor accesorio, se integra la información de los ojos, cabeza y movimientos corporales tanto en el plano anteroposterior como en el laterolateral (44) **(Figura 8)**.

Sobre una superficie firme, las entradas sensoriales son en un 70% del sistema propioceptivo (sobre todo de cintura pélvica y tronco), en un 10% del sistema visual y en un 20% del sistema vestibular. Clásicamente se considera que cuando la superficie es móvil, disminuye drásticamente el porcentaje somestésico que contribuye al control postural y es fundamental entonces la aportación vestibular (5).

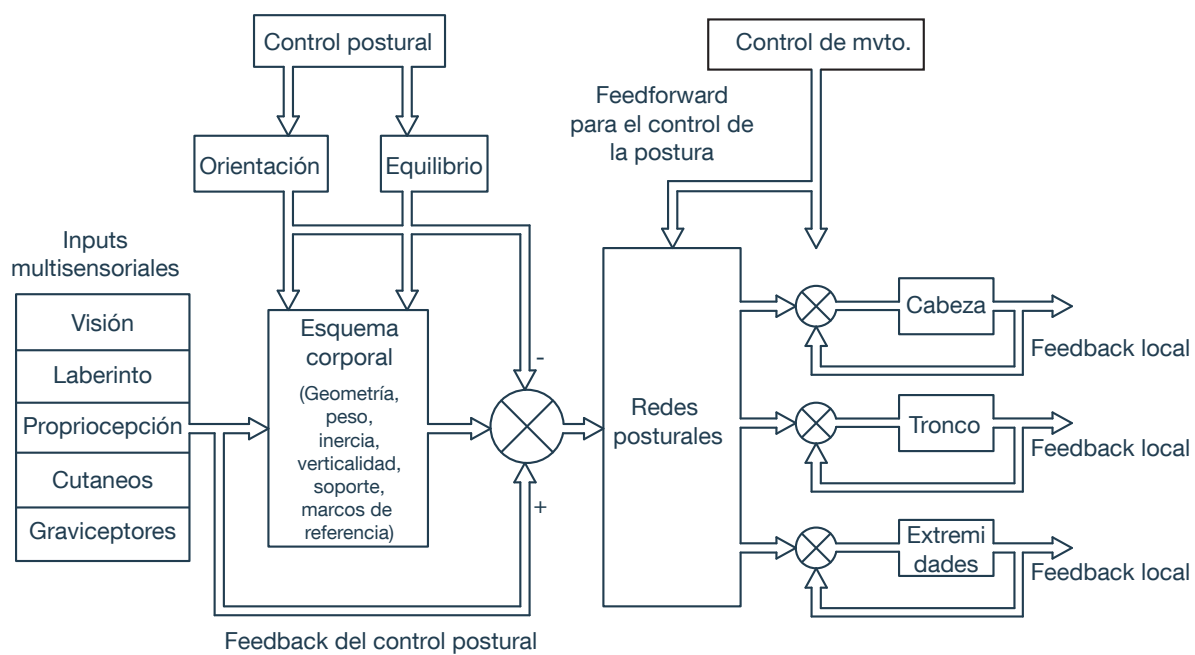


Figura 8. Representación de los dos niveles de organización postural: el esquema corporal y los mecanismos posturales. *Feedback* se puede traducir como retroalimentación y *feedforward* como prealimentación, aunque es habitual su uso en inglés. Adaptado de Massion (49).

El esquema corporal y la percepción de la orientación

El esquema corporal o sistema de representación interno desempeña un papel fundamental en el control postural. Es un concepto dinámico, que permanece estable mientras las condiciones sensoriales, el contexto postural y las funciones cognitivas superiores permanecen sin cambios (47). Según Barra *et al.* (50,51) la representación de la verticalidad es un modelo integrado que comprende no solo influencias ascendentes tales como la información sensorial que procede de los sistemas visual, vestibular y somestésico, sino también las informaciones eferentes del equilibrio, la postura y el movimiento. Las influencias descendentes las aportarían la representación mental de la verticalidad y la conciencia de la orientación corporal. Además, la percepción de la orientación depende de cómo se codifica esta información y de cómo en cada momento y circunstancia se seleccionan las informaciones sensoriales disponibles y se ponderan, esto es lo que se conoce como **marco de referencia** (52,53) (**Figura 9**).

Entre estas referencias elaboradas para una adecuada orientación se encuentran, de manera preeminente, las referencias verticales, tanto la vertical interna o **vertical subjetiva** como la **vertical externa** (objetiva), que sirven para orientar tanto el cuerpo como los objetos en el espacio (47,54,55). Para una correcta orientación, tanto corporal como espacial, es necesario que la percepción de la vertical subjetiva visual, háptica y postural coincidan (51). Sólo bajo condiciones de congruencia multisensorial puede darse una adecuada representación de la localización corporal en el espacio y con respecto a uno mismo y aunque la percepción de la vertical gravitacional mejora el control de la orientación corporal, el sistema vestibular no es el único responsable del sentido de verticalidad (40,55). Efectivamente, las aferencias visuales y su integración tienen un papel muy importante en la elaboración de las referencias alocótricas. Las aferencias somatosensoriales, que incluyen además de las propioceptivas, las de los receptores cutáneos de las plantas de los pies y graviceptores viscerales, son fundamentales en la elaboración de las referencias egocéntricas, que se refieren a la posición relativa de la cabeza, tronco y posiciones de los miembros en el espacio (54,56). Las aferencias vestibulares, a su vez, son esenciales para crear las referencias geocéntricas (47,57). Tanto las referencias alocótricas como las geocéntricas se elaboran a partir de aferencias externas a nuestro cuerpo (visuales o gravitatorias), mientras que las referencias egocéntricas se elaboran a partir de aferencias internas (somatosensoriales).

Para la elaboración de la orientación corporal y espacial, además de la ínsula es fundamental la integridad de la parte posterolateral del tálamo (54). Algunas de las vías responsables parece que son la talamoinsular para la integración de la gravicepción vestibular y la talamoparietal para la integración de la gravicepción somestésica (50,58).

Más concretamente, investigaciones recientes con estimulación magnética transcraneal han demostrado la existencia de una pequeña zona cerebral especializada en la percepción de la verticalidad: el giro supramarginal de la parte inferior del lóbulo parietal (59). En cuanto a la dominancia hemisférica cerebral, algunos estudios han indicado una aportación mayor del hemisferio derecho para la representación del eje longitudinal del cuerpo en los sujetos diestros (60,61) (**Figura 10**).

En lo referente a la implicación del sistema vestibular en la percepción de la orientación, podemos decir que, dado que la fuerza de la gravedad, referencia alocéntrica, ejerce una aceleración lineal constante sobre la cabeza, los órganos otolíticos (utrículo y sáculo) perciben la orientación de la cabeza en relación a dicha fuerza. Cuando la cabeza se inclina, se produce un estímulo asimétrico de los órganos otolíticos derecho e izquierdo con una contrarrotación ocular compensatoria. Así, el ser humano es capaz de identificar lo que está vertical con un error de $\pm 2^\circ$, coincidiendo la percepción de la vertical relativa a las referencias visuales exteriores al cuerpo con la percepción de la vertical del esquema corporal (59,62,63). Los órganos otolíticos hacen una constante actualización de la posición de nuestro cuerpo en el espacio en relación a la gravedad, lo que permite la representación de nuestro cuerpo como un todo respecto al mundo exterior, de acuerdo con vectores espaciales horizontales, verticales y transversales (45,64)

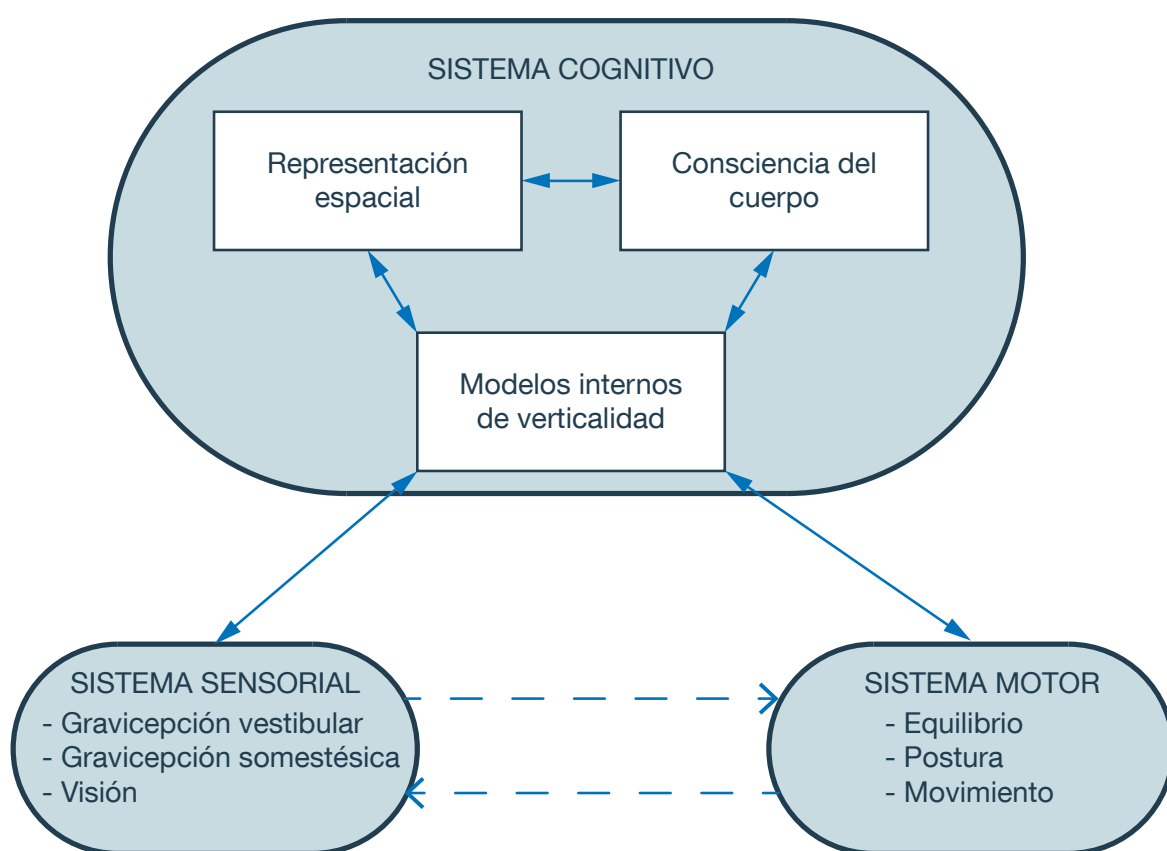


Figura 9. Modelo integrado de la representación de la verticalidad y que comprende los sistemas sensorial, cognitivo y motor. Adaptado de Barra *et al* (51).

En sujetos sin afectación vestibular periférica o neurológica central, la percepción de la orientación se altera únicamente en completa privación de las entradas visuales, vestibulares y somatosensoriales (por ejemplo, cuando la persona se encuentra en ingravidez con los ojos cerrados) (40).

En cuanto a la percepción externa de la orientación espacial, parece ser que no todas las orientaciones de objetos en el espacio tienen la misma importancia. En

este sentido, investigaciones recientes señalan que para la orientación espacial externa el cerebro hace un uso preeminente de las referencias visuales que suponen las referencias verticales y horizontales objetivas (y que corresponden a los valores angulares 0° y 90°), mientras que las referencias visuales con una orientación oblicua son consideradas como menos fiables. A este hecho se le conoce como **efecto del oblicuo** y es independiente de la acción de la gravedad, dado que esta experiencia se ha realizado en condiciones de ingravidez y el efecto del oblicuo se mantiene, porque se haría uso entonces de la orientación egocéntrica (65-68).

Se denomina “efecto A” a los errores en la apreciación de la vertical visual subjetiva cometidos en el mismo sentido de la inclinación corporal y “efecto E” cuando los errores se realizan en sentido contrario (69).

Mientras que, como se ha comentado con anterioridad, los sujetos sin problemas vestibulares pueden determinar la vertical u horizontal objetivas con un error máximo de 2° , las personas con lesiones vestibulares unilaterales, al menos en la fase aguda, efectúan errores de esta estimación superiores a 2° en sedestación y de hasta 10 o 15° en bipedestación (70).

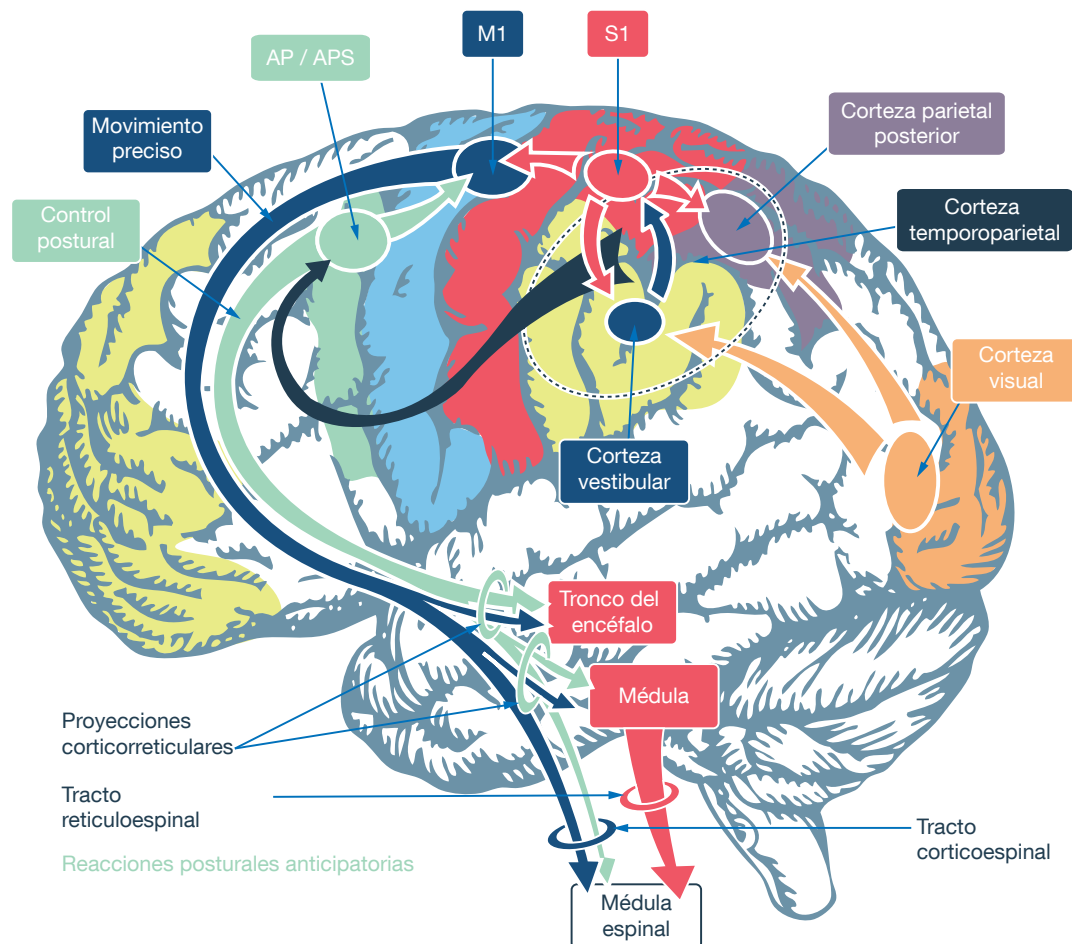


Figura 10. Principales flujos de señal para el control postural y la marcha. El tronco cerebral y la médula espinal están implicados en los procesos automáticos. Los ganglios basales y el cerebelo controlan los procesos automáticos y voluntarios a través de las proyecciones talamocorticales y de las proyecciones directas al tronco del encéfalo respectivamente. Adaptada de Takakusaki (71)

La lesión vestibular periférica

El trastorno vestibular periférico se sitúa en el sistema vestibular y puede producirse como resultado de una enfermedad, traumatismo o después de una cirugía. El trastorno se caracteriza por quejas de vértigo visual o mareo, con trastornos visuales tales como visión borrosa u osciloscopia. La osciloscopia es la sensación de que los objetos que existen en el campo visual se mueven cuando nos movemos. Es consecuencia de la imposibilidad de estabilizar la mirada durante el movimiento propio, dada la alteración del reflejo vestibuloocular. También las quejas se refieren a inestabilidad, incomodidad frente a situaciones ruidosas y a veces problemas de memoria y fluidez verbal (9,72).

Siguiendo una clasificación fisiopatológica, el síndrome vestibular periférico (excluyendo el vértigo espontáneo recurrente por su corta duración y las patologías bilaterales tales como la enfermedad autoinmune del oído interno) comprende fundamentalmente las siguientes entidades (73-75):

- **Enfermedad de Ménière.** Descrita en 1861 por Prospero Ménière. Cursa con el vértigo más característico de todos los que se originan a nivel ótico. Se piensa que puede tener un origen multifactorial genético que determinaría una alteración anatómica del hueso temporal sobre el que actuarían otros factores de tipo infeccioso, vascular o inflamatorio, desencadenantes del cuadro clínico. La enfermedad se diagnostica cuando suceden dos crisis vertiginosas de más de 20 minutos de duración, hipoacusia perceptiva más intensa en frecuencias graves comprobada audiométricamente y bien acúfenos o sensación de plenitud ótica, que al menos una vez se asocie con la crisis de vértigo. La crisis vertiginosa típica de la enfermedad de Ménière es consecuencia del aumento de endolinfa en el interior del laberinto membranoso, produciéndose la rotura del mismo. La intoxicación de la perilinfa por la endolinfa, líquido rico en potasio, da lugar a una súbita despolarización de las células ciliadas vestibulares y cocleares. Esta pérdida brusca de la función normal del oído interno desencadena los síntomas vestibulares. Cuando se equipara la presión entre endolinfa y perilinfa, la zona de rotura de la membrana se sella y poco a poco ambos líquidos laberínticos recuperan sus características y las células sensoriales su función. La frecuencia de las crisis es variable. Al principio, la recuperación auditiva después de la crisis es completa, pero con el transcurso de las crisis hay una hipoacusia que afecta inicialmente a los tonos graves y poco a poco al resto de frecuencias. El tratamiento intratimpánico (con gentamicina o dexametasona) está indicado como tratamiento sintomático y a veces como paso previo al tratamiento quirúrgico o cuando este no está indicado.
- **Fístula perilinfática.** Se trata de la apertura anormal del laberinto óseo, de forma que se establece una comunicación entre el espacio perilinfático que rodea al laberinto membranoso y el oído medio, generalmente a través de la ventana oval o de la ventana redonda (que son los dos orificios del vestíbulo que se encargan de transmitir el sonido desde el oído medio hasta el oído interno). Puede ser de origen traumático,

postquirúrgico, congénito o consecuencia de una otitis media coles-teatomatosa. Las fístulas de origen espontáneo se deben a cambios de presión: por estornudos, barotrauma o aumento de la presión del líquido cefalorraquídeo.

- Vértigo posicional paroxístico benigno (VPPB). Es una falsa sensación de movimiento, la mayoría de las veces rotatoria (vértigo) que se desencadena al adoptar una determinada posición de la cabeza, de duración breve (paroxística) e instauración brusca. Se origina por la presencia de material basófilo procedente de las otoconias del utrículo (en la cúpula o algún otro lugar próximo a ella) en el canal semicircular, generalmente el posterior. No todos los vértigos posicionales son VPPB, aunque sí la mayoría. En el resto de los casos se trata de formas no benignas en pacientes con características exploratorias atípicas y/o con mala respuesta al tratamiento (de reposicionamiento de otoconias).
- Laberintitis. Es la inflamación de los tejidos sensoriales contenidos en el laberinto membranoso, generalmente debida a un proceso vírico. Puede ser serosa (recuperable) o supurada (irrecuperable).
- Lesión vestibular permanente. Supone una hipofunción vestibular y es secundaria a procedimientos quirúrgicos tales como laberintectomía o resección de un neurinoma (schwannoma) del VIII par craneal, traumatismos o neuritis vestibular (de origen vírico)

Todos estos procesos cursan en sus inicios con una alteración importante del equilibrio, con un serio trastorno de la percepción de la orientación y de control de los ajustes posturales, así como de la realización de movimientos. Todos ellos pueden ser unilaterales o bilaterales, si bien para este estudio se han seleccionado únicamente casos con afectación vestibular periférica unilateral. La base fisiopatológica reside en la simetría en la frecuencia de descarga de los nervios vestibulares. Esta disparidad e incongruencia se transmite a los núcleos vestibulares y desde ellos a las conexiones vestibulares centrales, generando una sintomatología propia (73). Cuando el sistema vestibular a nivel periférico sufre una lesión de forma unilateral, la actividad neuronal que comprende el núcleo vestibular ipsilateral a la lesión disminuye, en comparación con la actividad del mismo núcleo contralateral. El cerebro interpreta esta asimetría normalmente como una rotación de la cabeza hacia el oído sano. Ello produce en la fase aguda una deficiencia estática que cursa con nistagmo espontáneo, con la fase lenta dirigida hacia el oído en lesión y una fase rápida hacia el oído no afecto, vértigo y náusea. Esta fase aguda puede durar desde 3 días a 2 meses (18) en los que las personas con lesión unilateral perciben su vertical visual desviada hacia el lado de la lesión (76,77).

Sin embargo, la pérdida o hipofunción puede suponer un déficit dinámico que puede persistir durante meses o años. El déficit dinámico es aquel que ocurre durante los movimientos cefálicos y consiste en una disminución del VOR (dado que el oído afecto es hipofuncionante), nistagmo espontáneo o nistagmo tras sacudidas horizontales de la cabeza. La disminución del VOR es muy molesta y disminuye la agudeza visual durante los movimientos de la cabeza (78).

La mejora del VOR es mediada por un circuito de feedback entre las células de Purkinje del flóculo cerebeloso y las neuronas vestibulares centrales del núcleo vestibular medial. Las neuronas de Purkinje del cerebelo, inhibitorias, adaptan el VOR modificando el nivel de inhibición del núcleo vestibular medial. La inhibición es lentamente modulada hasta que no hay lapsos en la retina durante los movimientos de la cabeza. El flóculo recibe los inputs del deslizamiento de la retina a través del núcleo retiniano del tracto óptico inferior oliva-flóculo y los inputs vestibulares del núcleo vestibular medial (76,79).

Frente a la privación del sistema vestibular ante cualquiera de las entidades patológicas antes mencionadas, en la mayoría de las ocasiones se ponen en marcha de manera espontánea mecanismos de compensación por parte de los sistemas remanentes (visual y somestésico), logrando compensar la desaferenciación vestibular. Autores como Mbongo (80) estiman que la duración media de este proceso compensatorio es de 1 mes, considerándose como normal un periodo agudo de hasta 1 año de duración. Sin embargo, no siempre se produce esta compensación de manera espontánea y hasta la fecha se desconoce el porqué. MacDougall establece dos consideraciones al respecto (13): algunos pacientes quizás ya tenían una inadecuada función vestibular en el lado “sano” o incluso un déficit de tipo central antes de la lesión vestibular o la compensación implica un gran componente subjetivo y quizás algunas de estas personas habían previsto una mejoría mayor.

Las personas con alteraciones vestibulares unilaterales no compensadas de manera espontánea pueden manifestar los siguientes trastornos referidos al control postural: posición desviada de la cabeza y el tronco hacia el oído en lesión, velocidad de marcha enlentecida con respecto a personas sin estas alteraciones, aumento de la base de apoyo, longitud del paso y cadencia disminuidas, así como un aumento del tiempo de doble apoyo podal (47,81). En el peor de los casos, estas alteraciones motrices suponen una ambulación no autónoma. Además, estas personas desvían su vertical visual hacia el lado de la lesión, al menos durante los primeros días la fase aguda del proceso, y frecuentemente se quejan de desorientación espacial, es decir, de no saber orientarse en el espacio exterior. Se trataría de un proceso adaptativo en el que habría una mayor preponderancia para las aferencias gravitacionales (47) (**Figura 11**).

De forma complementaria a lo expuesto anteriormente, Brandt *et al.* (43) proponen una nueva clasificación de los trastornos vestibulares, más allá de ordenarlos en función de la localización anatómica de la lesión. El hecho de hablar de trastorno vestibular periférico o central según este autor no incluye exactamente aquellos trastornos que cursan con ilusiones de inclinación del espacio, heminegligencia espacial, deficiencias de atención, de orientación, de memoria espacial y de navegación (interacción cuerpo-espacio durante la locomoción) y deberían denominarse alteraciones de las “funciones vestibulares superiores”, puesto que en estas funciones participan también las funciones cognitivas en niveles corticales que incluyen los sistemas límbico y el hipocampo, más allá de los conceptos de percepción de aceleración de la cabeza, respuestas motoras o reflejos vestibuloespaciales o VOR.

Síntomas posturales y del movimiento:

- Tono postural asimétrico
- Reacciones posturales alteradas
- Aumento de la oscilación
- La postura no precede al movimiento

Síntomas oculomotores:

- Vértigo
- Nistagmo
- Alteración del VOR
- Mayor necesidad de referencias visuales estáticas / Osciloscopia

Síntomas perceptivo-cognitivos:

- Alteración de la orientación
- Alteraciones de memoria
- Fatiga mental

Figura 11. Síntomas posturales y del movimiento, oculomotores y perceptivo – cognitivos habituales en la LVU.

Registro del equilibrio mediante posturografía

Además de los tests clínicos de valoración de la estabilidad de un sujeto, tales como el test “up and go”, el test de “alcance funcional”, la prueba de Barany o la prueba de Unterberger entre otros, el mayor conocimiento teórico y los avances tecnológicos asociados han hecho posible el desarrollo de instrumentación que analiza la postura ortostática en diferentes condiciones, obteniéndose así la evaluación posturográfica que permite la objetivación de los fenómenos de mantenimiento y recuperación de la posición bípeda en un sujeto (21).

Dicha instrumentación hace referencia a diversas plataformas dinamométricas con prestaciones similares que registran los movimientos del sujeto situado en bipedestación sobre las mismas. No se utilizan para el diagnóstico de procesos vestibulares, sino para cuantificar la calidad del equilibrio y la participación de los sistemas aferentes de la postura (es decir, las características del equilibrio del sujeto, el riesgo de caída y la calidad de la organización sensorial). Por ello, se usan actualmente no sólo en alteraciones del equilibrio de causa vestibular, sino también de origen medular o cerebeloso.

La *American Academy of Otolaryngology–Head and Neck Surgery*, entre otras, reconoce la posturografía dinámica computerizada como una prueba apropiada para la evaluación y tratamiento de sujetos con lesión vestibular (82,83).

El *gold standard* de las plataformas para el estudio del control postural es la Equi-Test® (Neurocom Inc.) (84,85). Otros sistemas son el Dinascan/IBV P600® (Instituto de Biomecánica de Valencia) (1), el Balance System SD® (Biodex Medical System Inc.) (86) o el Neurocom® (Natus Medical Inc.) (86,87), la Balance Rehabilitation Unit (BRU) (89,90) y la plataforma Synapsis® (Synapsys S.A.), utilizada en este estudio y desarrollada por la Association Française de Posturologie (91,92).

Se trata en todos los casos de plataformas con sensores que registran las oscilaciones posturales a partir de las fuerzas de reacción realizadas a nivel de los pies, como consecuencia de las presiones ejercidas por el sujeto sobre dicha base de apoyo computerizada en diferentes circunstancias (93,94). Los modelos existentes en el mercado presentan distintas características de equipación y registro; algunos de ellos incluyen un soporte de espuma y una plataforma inestable para modificar las aferencias somatosensoriales y vestibulares. Además, al sujeto se le puede pedir en determinados momentos de valoración que cierre los ojos, para anular así las aferencias visuales.

Con estos sistemas se pueden obtener datos relativos a la superficie y velocidad de desplazamiento del centro de gravedad, amplitud de las oscilaciones y energía utilizadas para el mantenimiento del equilibrio, así como la aportación de los sistemas vestibular, visual y somatosensorial de cada sujeto en el mantenimiento de su equilibrio ortostático (lo que se conoce como test de organización sensorial) (95,96).

Registro de la percepción de la orientación

Con el estudio de la percepción de la vertical subjetiva (VVS) y la percepción de la orientación visual (OV) se estudian procesos distintos, cuya integración permite la construcción de la representación espacial que supone la creación del esquema corporal y también orientar el espacio extracorpóreo, incluidos los objetos que en él se encuentran (47,76,96).

Estos estudios de percepción de la VVS se realizan habitualmente en pacientes con patología vestibular para determinar la desviación de su vertical subjetiva con respecto a la misma orientación objetiva, de tal forma que a mayor desviación hay un peor control motor. También ha sido utilizada en otros estudios para valorar la existencia de una heminegligencia secundaria a un ictus, aunque en este caso la disfunción estaría en relación con la lesión en las áreas de integración de los procesos de orientación espacial y no con la función otolítica (61). Más novedoso y menos habitual es el estudio de la orientación visual planteado por McIntyre *et al* (66,97).

El estudio de la vertical visual subjetiva y la percepción de la orientación visual suponen tareas cognitivas distintas. Si bien ambas acciones requieren la integración de la información de los receptores vestibulares, visuales y somestésicos, en la percepción de la vertical subjetiva se define un marco de referencia gravitacional, mientras que en la tarea de orientación visual el marco de referencia se construye a partir de informaciones gravitacionales, propioceptivas o visuales.

La reeducación vestibular

Como ya se ha indicado anteriormente, de manera secundaria a una lesión vestibular se produce un triple síndrome: postural motor, oculomotor y perceptivo. Esto se observa en las fases iniciales con la persona en movimiento pero también en situación estática. Este es el primer estadio de la compensación clínica de la disfunción vestibular, la fase aguda, que se caracteriza por sensación de vértigo, nistagmo espontáneo, síntomas posturales en reposo y durante la marcha, así como inclinación cervical hacia el lado en lesión. Con el transcurso del tiempo, gracias a la neuroplasticidad, se produce un fenómeno de compensación que hace que las deficiencias estáticas y dinámicas desaparezcan rápidamente gracias a la restauración de la actividad en reposo de las neuronas de los núcleos vestibulares del lado de la lesión (99).

La segunda fase comienza cuando los síntomas de la fase aguda van remitiendo y finaliza cuando estos desaparecen por completo, momento en que se puede hablar de “compensación”.

Una vez instaurado el proceso vestibular periférico puede pautarse medicación para conseguir la depresión o supresión vestibular o el control de síntomas tales como las náuseas o el vértigo. En el caso del VPPB se realizan maniobras de reposición y no reeducación vestibular (RV) en primera instancia. Cuando se trata de una lesión vestibular no compensada, es necesario realizar en el paciente una RV que incluye la fisioterapia vestibular y que consta de programas de ejercicios diseñados para adaptar el reflejo vestibuloocular, habituar a la persona al movimiento (aprendiendo así a controlar los síntomas) o enseñar la sustitución sensorial y mejora del control postural (100).

Los objetivos primarios de esta reeducación vestibular son mejorar el equilibrio, reducir el riesgo de caída y mejorar la calidad de vida del paciente (en sus ámbitos funcional, físico y emocional). Para ello los ejercicios que se pueden utilizar tienen por objetivos mejorar la función vestibular remanente, compensar la función vestibular deteriorada con un mayor rendimiento de los sistemas ocular y propioceptivo y desensibilizar la sintomatología mediante habituación (99).

Se les reconoce a Cawthorne y Cooksey (99) el haber sido los primeros en realizar experiencias en el ámbito de rehabilitación vestibular, al desarrollar estrategias de reeducación para soldados británicos heridos en la Segunda Guerra Mundial. Estos autores refirieron ya en 1940 que los pacientes con disfunción vestibular unilateral que realizaban ejercicios específicos para estos procesos se recuperaban antes y mejor que los que no los hacían (101).

La reeducación vestibular, concebida a partir de un tratamiento neurosensorial específico e individual, surge en la década de los 60 a partir de la cirugía que desarrolló Sterkers en neurinomas del acústico en la enfermedad de Ménière (102).

En 2008, Hillier et al. (72) afirmaron que había una evidencia entre moderada y fuerte de que la rehabilitación vestibular era un método seguro y efectivo de tratamiento de la disfunción vestibular unilateral de origen periférico, mientras que consideraron insuficientes las evidencias para discriminar entre las distintas técnicas

de rehabilitación. Este estudio fue revisado posteriormente por Hillier et al. (103) con idénticas conclusiones.

Ekvall (104), a partir de una revisión sistemática de 71 estudios de diferentes bases de datos, encontró una evidencia moderadamente fuerte de la utilidad de la rehabilitación vestibular después de cirugía y una evidencia fuerte de la utilidad de la rehabilitación vestibular en el síndrome de Ménière, en la lesión vestibular permanente (hipofunción vestibular) y en el vértigo multisensorial.

Los protocolos originales de Cooksey y Cawthorne utilizaron actividades grupales en una jerarquía de dificultad para provocar la respuesta del SNC (105). Más recientemente se han definido los componentes específicos de las técnicas de reeducación vestibular, cada uno de ellos con un componente fisiológico o conductual diferente (72,99):

- **Respuestas compensatorias o de habituación**, antes llamadas **acostumbramiento**. Están indicadas para los síntomas provocados por la posición o el movimiento. Basadas en la plasticidad inherente del SNC, utilizan el movimiento para habitar o reducir la respuesta a estímulos repetitivos y para reequilibrar la actividad tónica del núcleo vestibular. Se basan en unos ejercicios de cambios posturales diseñados por Brandt y Daroff (76).
- **Adaptación**. Para la interacción visuovestibular (estabilización de la mirada mediante mejora de la ganancia del VOR) y a veces de la coordinación ojo-mano, mediante el uso de movimientos repetitivos y de provocación de la cabeza o los ojos para reducir el error y restaurar el incremento del reflejo vestibuloocular.
- **Sustitución**. Usa las señales sensoriales individuales o en combinación (visuales, somatosensoriales) para eliminar el hábito de la señal vestibular disfuncional o por el contrario para fortalecer el hábito y promover la compensación. El reto es conseguir el equilibrio con los ojos cerrados, con perturbaciones visuales o superficies irregulares.
- Ejercicios de control postural, prevención de caídas, entrenamiento de relajación, actividades de acondicionamiento y mejora funcional. Se basan en los principios de aprendizaje motriz para cambiar el patrón de movimiento o de reaprendizaje motor.
- Maniobras de reposicionamiento canalicular específicas. Es la única de las técnicas mencionadas que supone una participación pasiva por parte del paciente diagnosticado de vértigo posicional paroxístico benigno (VPPB).

La realidad virtual en la reeducación vestibular

La realidad virtual genera una simulación de la realidad mediante diversos dispositivos y programas informáticos. Esto supone que la persona que usa la realidad virtual siente que está interactuando con elementos reales aunque no lo sean en sentido físico.

Es necesario establecer la diferencia entre la realidad virtual no inmersiva y la inmersiva (RVI). La primera ofrece un nuevo entorno a través de una ventana de escritorio mientras que la RVI hace referencia a un ambiente o entorno tridimensional creado mediante aplicaciones informáticas. Las imágenes de las que consta el entorno crean en el sujeto la sensación de estar inmerso en ellas gracias a un casco o gafas de realidad virtual.

Cuando se incorporan guantes y auriculares de realidad virtual aumenta el efecto inmersivo. Todos estos dispositivos capturan la posición y rotación de diferentes partes del cuerpo, aunque los guantes no han conseguido hasta el momento simular adecuadamente la percepción háptica.

Gear VR® (Samsung Electronics), HTC Vive® (HTC) o las utilizadas en este estudio, Oculus Rift® (Facebook) (**Figura 12**) son algunas de las gafas de realidad virtual más conocidas (106-108).



Figura 12. Gafas de realidad virtual Okulus Rift. Prototipo DK1.

La RVI se utiliza cada vez más en el sector industrial, militar y sanitario puesto que permite simular situaciones reales abaratando costes y minimizando riesgos. Esta tecnología ha supuesto también una revolución en los videojuegos.

En el ámbito de la reeducación vestibular la realidad virtual permite simular situaciones de conflicto de la vida diaria en un entorno seguro.

Las escenas diseñadas permiten modular los estímulos visuales para producir una adaptación de la respuesta vestibular, así como ajustar los reflejos vestibulooculares y vestibuloespinales relacionados con el control postural y las estrategias de equilibrio (90). Esta modulación podría hacerse incluso de manera individualizada, a partir del análisis del VOR de cada paciente.

Cada vez son más los trabajos publicados en esta línea, si bien un buen número de ellos hace uso de la realidad virtual no inmersiva tipo *serious games*, con dispositivos como la Wii® (Nintendo) (109,110).

“Si como fisioterapeutas no facilitamos a los pacientes con problemas de control motor el hacer algo activo, entonces no hemos hecho nada”

J. Vaughan

2

Justificación

*“Estamos más seguros de nuestra
posición en el mundo cuando estamos a
punto de caer”*

A. Bray

Justificación

Una gran parte de los sujetos adultos con disfunción vestibular unilateral periférica sintomática presenta mareos, vértigos visuales, o diplopia así como un déficit en su control postural, debido a la desaferenciación vestibular (111). Estas deficiencias se traducen en un mayor o menor grado de discapacidad funcional, así como en un deterioro de la calidad de vida (112,113).

Las modernas técnicas de neuroimagen, entre las que se encuentra la resonancia magnética funcional, han permitido un mayor conocimiento de las áreas y vías neurológicas implicadas en los mecanismos de integración multisensorial necesarios para el mantenimiento del equilibrio y la coordinación vestibuloocular (58,114).

También el desarrollo tecnológico ha supuesto el diseño de plataformas de posturografía que posibilitan un análisis pormenorizado de la calidad de equilibrio en bipedestación, además de incorporar aplicaciones que permiten sistematizar y enriquecer los ejercicios que componen la reeducación vestibular. Dicha reeducación ha resultado ser eficaz para el tratamiento de este tipo de alteraciones vestibulares, resolviendo los síntomas y mejorando la función a medio plazo, si bien no hay suficientes evidencias para discriminar entre los distintos tratamientos, ni el tipo de pacientes con LVU con los que se obtienen mejores resultados (103). Con este estudio se pretende determinar qué personas se beneficiarían en mayor medida del programa de reeducación vestibular descrito en este estudio en cuanto a tiempo de evolución y lado de la lesión se refiere.

Por otro lado, los conocimientos actuales permiten afirmar que, además de una adecuada integración multisensorial de los sistemas implicados para un correcto control postural y movilidad funcional (incluidos los desplazamientos), es necesaria una estrecha relación entre la actividad postural y la percepción de la orientación, de tal manera que cuando las aferencias somestésicas y vestibulares son congruentes, las referencias para la orientación son más precisas y viceversa (54,56,98).

Para entender mejor la aportación del sistema vestibular a la percepción de la orientación se estudia en este trabajo la percepción de la verticalidad y de la orientación de los objetos en el espacio según la modalidad sensorial visual en sujetos sanos, comparándolas con sujetos con un sistema vestibular deficitario.

Finalmente, el incipiente desarrollo de nuevas tecnologías tales como los sistemas de realidad virtual en entornos inmersivos nos ofrece la oportunidad de mejorar el problema que existe en la integración de las aferencias visuales y vestibulares en sujetos con patología vestibular no compensada. Es por ello que los resultados de este trabajo pretenden completarse con la propuesta de un programa de realidad virtual inmersiva, con el propósito de aportar mejoras en la reeducación vestibular.

3

Hipótesis



Hipótesis

Los sujetos con una lesión vestibular periférica unilateral no compensada (LVU) presentan un deterioro del control postural, que puede ir acompañado de una alteración en la percepción de la orientación.

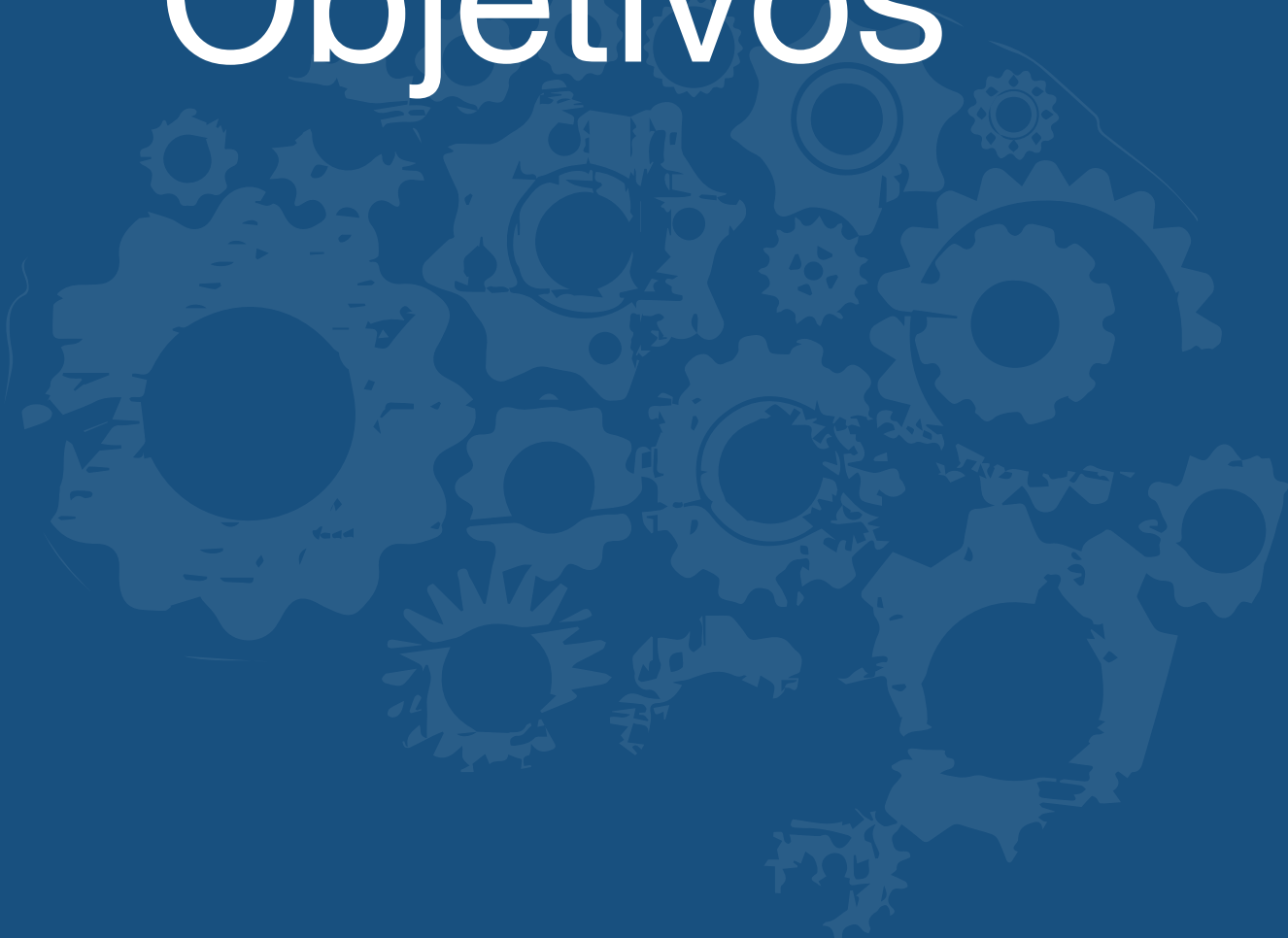
La reeducación vestibular mediante la plataforma de posturografía y la estimulación visual con vídeos mejora el control postural en los sujetos con patología vestibular periférica.

Tras la reeducación vestibular hay una percepción de la orientación más en relación con una integración multisensorial funcional.

El mejor control postural y la percepción de la orientación más óptima después de la reeducación vestibular suponen una percepción menor de discapacidad en relación con el trastorno vestibular.

4

Objetivos



Objetivos

Los objetivos principales de este estudio son:

- Cuantificar y describir la calidad del equilibrio en el grupo de casos con patología vestibular unilateral periférica sintomática antes y después de aplicar un programa de reeducación vestibular y compararla con la del grupo de sujetos control.
- Cuantificar y describir la percepción de la orientación en esta población de casos antes y después de aplicar un programa de reeducación vestibular y compararla con la del grupo de sujetos control.
- Analizar la interacción entre la percepción de la orientación y el control postural en bipedestación antes y después de aplicar un programa de reeducación vestibular y compararla con la de la población de sujetos control.
- Aportar conocimiento acerca de la efectividad de la estimulación visual con vídeos de realidad virtual inmersiva en sujetos con patología vestibular unilateral periférica sintomática.

Los objetivos específicos de este estudio son:

- Describir y comparar las variables de equilibrio estático y dinámico en el grupo de casos con patología vestibular unilateral periférica sintomática antes y después de tratamiento.
- Describir y comparar la organización sensorial en bipedestación en el grupo de casos antes y después de tratamiento.
- Describir las variables de equilibrio estático y dinámico en un grupo control.
- Determinar la organización sensorial en bipedestación en el grupo control.

- Comparar las variables de equilibrio estático y dinámico entre el grupo de casos antes y después de tratamiento y el grupo control
- Comparar la organización sensorial en bipedestación entre el grupo de casos antes y después de tratamiento y el grupo control.
- Analizar y comparar la percepción de la vertical subjetiva y la orientación visual en el grupo de casos antes del tratamiento.
- Analizar la percepción de la vertical subjetiva y la orientación visual en el grupo control.
- Comparar las características de la percepción de la vertical subjetiva y la orientación visual entre el grupo de casos antes y después del tratamiento y el grupo control.
- Analizar y comparar la percepción de discapacidad vestibular del grupo de casos antes y después del tratamiento.
- Relacionar los cambios en la percepción de discapacidad vestibular con las modificaciones del control postural consecuencia del tratamiento.
- Valorar la mejoría subjetiva después del tratamiento en el grupo de casos.
- Relacionar la mejoría subjetiva con la mejoría objetiva de las variables de equilibrio estático, dinámico y organización sensorial en el grupo de casos tras el tratamiento.

5

Población,
material y
metodología

The background of the lower half of the slide features a faint, stylized illustration of several interlocking gears of different sizes, rendered in a lighter shade of blue than the background.

Población, material y metodología

Requisitos legales previos

Previamente al desarrollo de la fase clínica de este estudio, realizada en el Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza, se obtuvo dictamen favorable del Comité Ético de Investigación Clínica de Aragón (CEICA), así como autorización de la Comisión de Investigación del Sector Zaragoza II del Servicio Aragonés de Salud (anexo I).

De acuerdo con la Declaración de Helsinki, todos los sujetos incluidos en el estudio firmaron un consentimiento informado (anexo II).

Población

Grupo de casos

Para formar el grupo de casos fueron derivados desde la Unidad de Vértigo del Hospital Miguel Servet de Zaragoza 50 sujetos diagnosticados de algún proceso de los que conforman la LVU excepto el vértigo posicional paroxístico benigno que tiene otro tratamiento.

Declinaron participar 13 sujetos y otros 5 no concluyeron el tratamiento (**Figuras 13, 14**). Completaron el tratamiento 32 sujetos, con la siguiente distribución:

- 29 de ellos realizaron el programa de reeducación vestibular que incluía entrenamiento visual con vídeos proyectados en pantalla plana, sujetos a los que se denominó “grupo vestibular”.
- 3 realizaron el programa de reeducación vestibular que incluía entrenamiento visual con gafas de realidad virtual y se les denominó “grupo vestibular gafas”.

Los sujetos del “grupo vestibular” llevaron a cabo un programa de reeducación del equilibrio con la plataforma de posturografía y de reeducación visual en 2 dimensiones (2D).

Los sujetos del “grupo vestibular gafas” fueron tratados después de haber finalizado el proceso de reeducación los sujetos incluidos de manera sucesiva en el “grupo vestibular”, y llevaron a cabo el mismo programa de reeducación del equilibrio con la plataforma de posturografía. La reeducación visual con realidad inmersiva (RVI) se realizó con los mismos vídeos que los utilizados para el tratamiento de los sujetos vestibulares pero en tres dimensiones (3D) gracias a la tecnología posibilitada por las gafas Oculus recientemente adquirida por Facebook.

Dadas las dificultades surgidas en la derivación de pacientes, que significaron una prolongación excesiva de los plazos previstos para el estudio de campo, el tamaño muestral de las personas con LVU tratadas con RVI no fue representativo y por tanto esta parte se expone como anexo.

Criterios de inclusión de los casos

- Diagnóstico de trastorno vestibular periférico unilateral sintomático.
- Evolución del proceso superior a 3 meses.
- Edad comprendida entre 18 y 66 años.
- En seguimiento en el servicio de Otorrinolaringología (ORL) del Hospital Miguel Servet.
- Visión normal o corregida mediante gafas o lentillas

Criterios de exclusión de los casos

- Vértigo o alteración del equilibrio o alteración visual de origen central.
- Alteración del equilibrio de origen locomotor.
- Déficit sensorial prácticamente restablecido.
- Cuadros vestibulares en fase incipiente o de reagudización.
- Capacidad de comprensión de las órdenes verbales disminuida.
- Deficiencia visual sin corrección mediante gafas o lentillas.
- No concesión de consentimiento informado.

Observaciones con respecto a la medicación

Si bien en el proyecto de tesis inicial se estableció como criterio de exclusión que el sujeto estuviera tomando medicación en relación con su proceso vestibular, finalmente se eliminó esta consideración. Los motivos para tomar esta decisión fueron, por un lado, que productos habitualmente pautados como la betahistina y el nimodipino son preventivos de las crisis pero no sedantes del SNC y por tanto no deberían afectar a los resultados. Por otro lado, se prefirió respetar la prescripción farmacológica de administración de sedantes del SNC tales como la sulpirida y el dimenhidrinato, así como benzodiazepinas y antidepresivos, ya que en algunos casos no se podían retirar dado el estado del paciente y porque además no coincidieron en el tiempo el inicio de la pauta farmacológica (que era previa) con el inicio del tratamiento fisioterápico.

Finalizado el tratamiento, los pacientes fueron remitidos a la consulta ORL para revisión médica.

Grupo control

Estos sujetos fueron incluidos en el grupo mediante un muestreo subjetivo por decisión razonada, cumpliendo los siguientes criterios de inclusión:

- Voluntarios
- Sin experiencia en la finalidad del experimento
- Sin alteración vestibular alguna ni problemas diagnosticados de equilibrio por otra causa (lo más habitual de origen neurológico, visual u oculomotor)
- Visión normal o corregida mediante gafas o lentillas,
- Rango de edad situado entre los 18 y los 66 años.

Se valoraron inicialmente 33 sujetos, 3 de los cuales fueron excluidos por mostrar en la posturografía alteraciones severas del equilibrio y referir antecedentes de problemas vestibulares, quedando para el análisis estadístico un total de 30 sujetos que formaron el grupo control.

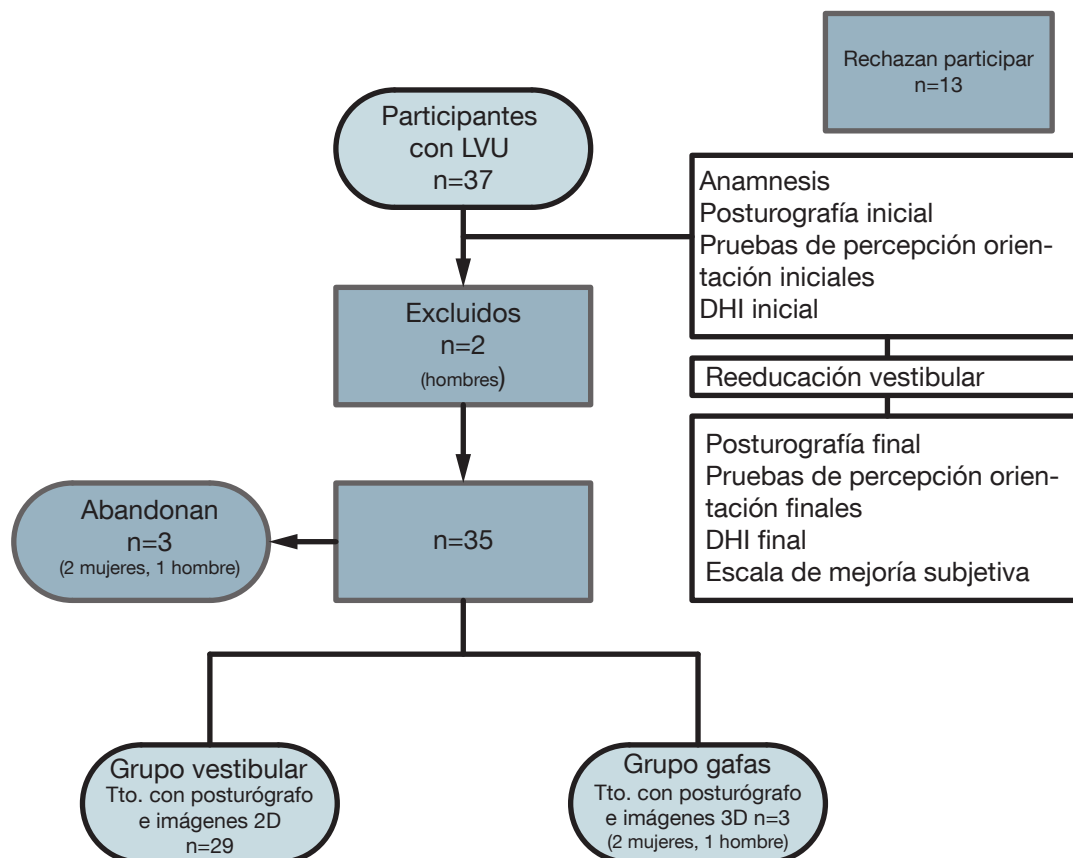


Figura 13. Diagrama de flujo de los sujetos participantes en este estudio.

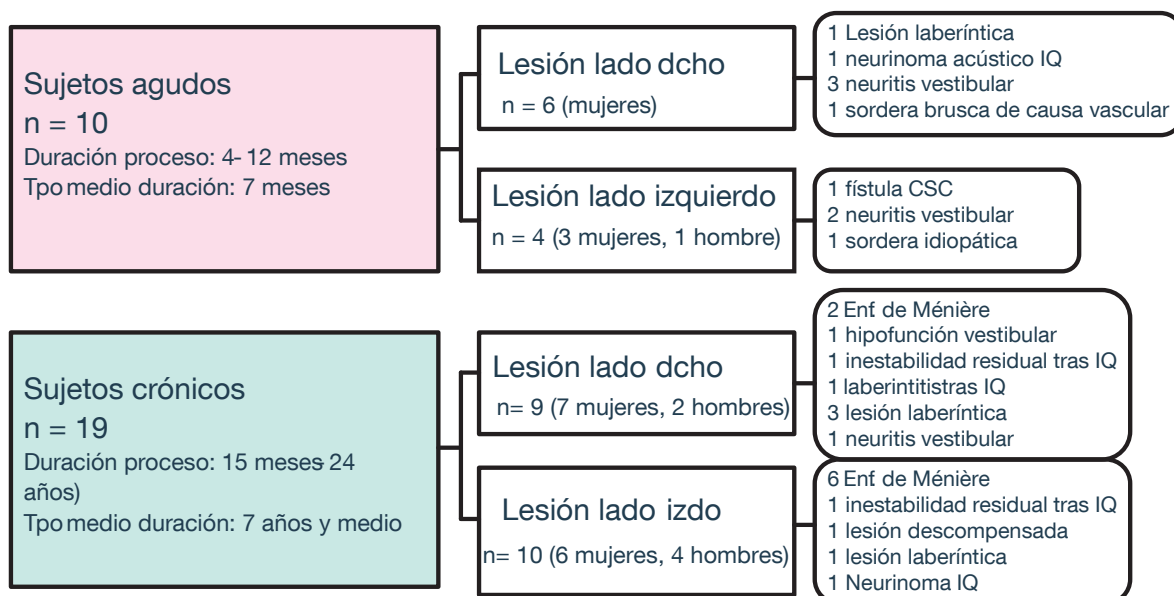


Figura 14. Integrantes del grupo vestibular, en función de la duración de la lesión y del lado afectado (IQ: Intervención quirúrgica; CSC: canal semicircular; Enf: enfermedad).

Material

Para las evaluaciones inicial y final y para el tratamiento se utilizó el siguiente material:

- Báscula con tallímetro. Marca Soehnle Professional. Precisión ± 100 gramos.
- Plataforma de posturografía computarizada Synapsis® (Synapsys S.A.), cuyos datos fueron registrados en un ordenador marca Dell, con software Windows 98.
 - El sistema consta de una plataforma traslacional e incluye además una plataforma inestable o balancín, un indicador de la correcta colocación de los pies, un estrado y un aro de seguridad para evitar caídas durante su uso. Tanto la plataforma como el balancín tienen unas dimensiones de 50 x 50 cm. El balancín permite una inclinación máxima de 15° (en sentido anteroposterior o laterolateral).
 - La plataforma se completa con una pantalla plana de ordenador instalada delante de ella, a 1 metro de distancia y a 1,80 metros de altura (**Figura 15**).

Los valores normales del software fueron establecidos por la Asociación Francesa de Posturología en 1985 (115).



Figura 15. Plataforma de posturografía para valoración y reeducación.

Sistema de estudio de la percepción de la orientación

Para valorar la percepción de la orientación (percepción de la vertical subjetiva y orientación visual) se utilizó **(Figura 16)**:

- Túnel opaco cilíndrico de plástico de 20 cm de diámetro y 30 cm de longitud en contacto por uno de sus lados con una pantalla de ordenador de 19 pulgadas conectada a su vez al ordenador portátil Dell en el que también se recogió el resto de la valoración.
- Software de análisis de la percepción espacial denominado Neurocog, diseñado por Lipshits *et al.* (98) instalado en dicho ordenador.
- Ratón de ordenador modelo *trackball* de la marca Logitech®.



Figura 16. Instrumentación para el estudio de percepción de la orientación.

Sistema de realidad virtual

Para evaluar la postura durante la visualización de dos vídeos 3D en el grupo control, en el grupo vestibular 3D, y tratar la alteración oculomotriz en los sujetos de este pequeño se hizo uso de:

- Gafas Oculus Rift (prototipo DK1 Oculus VR, Inc. 2013® versión en desarrollo) **(Figura 12)**. La Oculus rift DK1 tiene una pantalla de 7 pulgadas y una resolución de 1280 x 800 píxeles y proporciona una visión horizontal de 90 grados y una vertical de 110 grados, en una perspectiva 3D estereoscópica.
- Software Kolor Eyes 1.2.: para proyectar los vídeos 3D.

Metodología

La evaluación que se describe a continuación se realizó antes e inmediatamente después de las sesiones de reeducación vestibular.

En el grupo control se efectuó un único registro, que lógicamente no incluyó ni la anamnesis ni el cuestionario de discapacidad vestibular DHI (*Dizziness Handicap Inventory*) descrito posteriormente.

Anamnesis

Por medio de una entrevista, se preguntó a cada uno de los sujetos integrantes de los grupos de casos con patología vestibular unilateral periférica sintomática:

- La descripción del proceso vestibular y de la sintomatología.
- El tiempo transcurrido desde el comienzo de los síntomas hasta el diagnóstico ORL.
- El tiempo pasado desde el diagnóstico ORL hasta la inclusión en este estudio.
- La realización o no en el domicilio de ejercicios de reeducación vestibular y con qué frecuencia.
- El uso de gafas y para qué alteraciones visuales.
- Las situaciones de mayor conflicto debidas al aumento del flujo visual.

Estudio posturográfico

Con la plataforma Synapsis se realizó:

- La evaluación estática.
- La evaluación dinámica (**Tabla 1**).

En ambas evaluaciones el apoyo podal fue el mostrado en la **figura 17**.

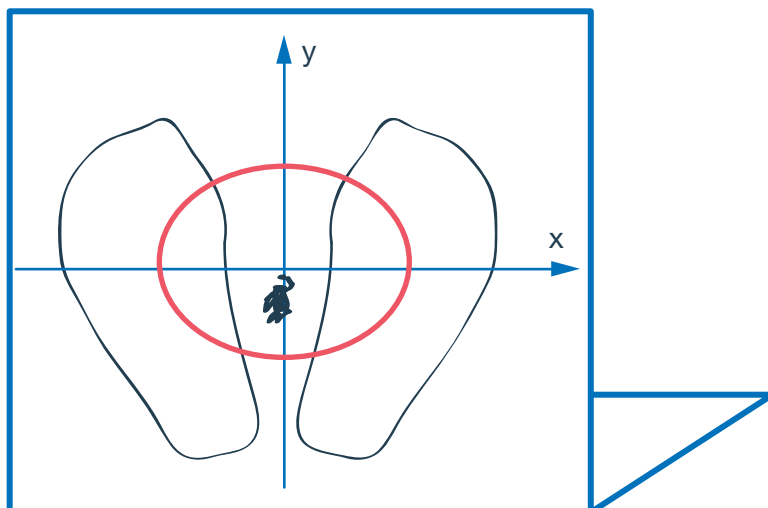


Figura 17. Posición de los pies durante el registro posturográfico, con el centro de presiones situado en el cruce de los ejes X e Y. El círculo rojo rodea el estatocinesigrama u ovillo descrito por el sujeto durante la evaluación estática.

Evaluación estática

La evaluación estática se realiza con la plataforma fija sin movimiento y de ella se obtiene un conjunto de variables que reciben el nombre de estabilograma.

El centro de presiones (C.P.) es la proyección del centro de gravedad en la superficie de apoyo (constituida en este caso por ambos pies y el espacio existente entre ambos) o dicho de otro modo, el centro de distribución del total de las fuerzas aplicadas sobre la superficie de apoyo.

Se registraron las oscilaciones del C.P. en bipedestación estática producidas tanto en sentido laterolateral (eje X) como anteroposterior (eje Y). Estas oscilaciones se grabaron a lo largo de 51.2 segundos (de acuerdo con los parámetros establecidos por la Asociación Francesa de Posturografía en 1985 (115) y las prestaciones del posturógrafo Synapsis) tanto con los ojos abiertos como con los ojos cerrados (**Figura 18**).

Variables analizadas:

- Posición media del C.P. del sujeto en el eje X (plano laterolateral) con los ojos abiertos (mm).
- Posición media del C.P. del sujeto en el eje X con los ojos cerrados (mm).
- Posición media del C.P. del sujeto en el eje Y (plano anteroposterior) con los ojos abiertos (mm).
- Posición media del C.P. del sujeto en el eje Y con los ojos cerrados (mm).
- Amplitud máxima del desplazamiento del C.P. en el eje X con los ojos abiertos (mm).
- Amplitud máxima del desplazamiento del C.P. en el eje X con los ojos cerrados (mm).

- Amplitud máxima del desplazamiento del C.P. en el eje Y con los ojos abiertos (mm).
- Amplitud máxima del desplazamiento del C.P. en el eje Y con los ojos cerrados (mm).
- Longitud del recorrido del C.P. (estatocinesigrama u ovillo) con los ojos abiertos (mm).
- Longitud del recorrido del C.P. (estatocinesigrama u ovillo) con los ojos cerrados (mm).
- Superficie del estatocinesigrama con los ojos abiertos (mm²). El estatocinesigrama es una elipse de confianza que comprende el 90% de los desplazamientos del C.P. (116).
- Superficie del estatocinesigrama con los ojos cerrados (mm²).
- Relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama (LFS) (mm/mm²) con los ojos abiertos.
- Relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama (LFS) (mm/mm²) con los ojos cerrados.

Se determinaron también en esta evaluación estática los **límites de estabilidad**, que se establecen por el perímetro máximo al que se puede desplazar el C.P. de una persona sin mover los pies de su apoyo inicial y que constituye la base de apoyo funcional.

Para ello se pidió al sujeto que, sin mover los pies y con los ojos abiertos, efectuara un círculo con su cuerpo tan amplio como le fuera posible sin mover los pies de su apoyo (describiéndose de esta manera la figura de un cono invertido).

Variable analizada:

- Sustentación: La superficie comprendida entre los límites de estabilidad (mm²).

A partir de los datos anteriores y para valorar en qué medida un individuo utiliza la visión en el control de su equilibrio se calculó el cociente de Romberg, que se obtiene al dividir el área de la superficie de estabilidad del sujeto en situación de ojos cerrados entre el área de dicha superficie obtenida con los ojos abiertos y multiplicando ese valor por 100.

$$QR = (Soc/Soa) \times 100$$

Donde: S (superficie), oc (ojos cerrados), oa (ojos abiertos).

Un cociente igual a 100 significa que un sujeto tiene tanta estabilidad con los ojos abiertos como cerrados. Normalmente el valor medio es de 250 (21).

Variable analizada:

- Cociente de Romberg.

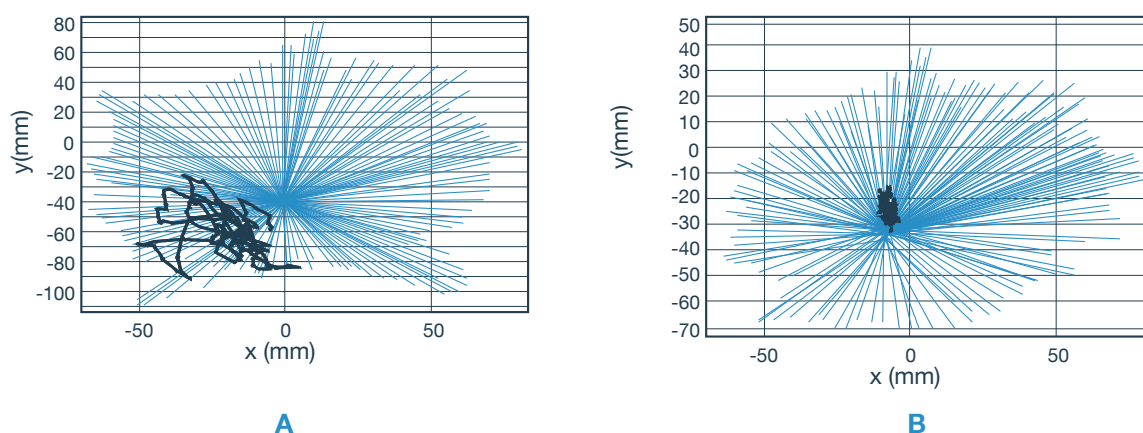


Figura 18. A. La línea morada representa el estatocinesigrama descrito por un sujeto del grupo vestibular con los ojos cerrados. **B.** La línea morada representa el estatocinesigrama descrito por un sujeto del grupo control con los ojos cerrados.

• Evaluación dinámica con la plataforma fija en movimiento

Movimiento traslatorio:

Esta prueba evalúa las reacciones motrices automáticas provocadas por perturbaciones no esperadas del equilibrio, al desplazarse súbitamente la plataforma hacia delante y hacia atrás. Con esta prueba se simulan situaciones de perturbación que en la vida diaria pueden suponer una caída (suelos resbaladizos, escaleras mecánicas...) (92). La prueba tiene una duración de 51,2 segundos, con una velocidad de traslación constante a lo largo de la sacudida de 0,1 m/s y la amplitud máxima de 62 mm.

Se cuantifica la energía en julios que precisa el sujeto para recuperar o mantener el equilibrio en posición bípeda y el tiempo que transcurre entre el desequilibrio y la rectificación de la postura. La energía resulta de la traslación inducida del C.P. y se cuantifica con la ecuación $E = 1/2 m V^2$, donde m es la masa del sujeto y V es la velocidad (92).

Se efectuó con los ojos abiertos y a continuación con los ojos cerrados.

Variables analizadas:

- Energía en el eje X, con los ojos abiertos (J).
- Energía en el eje X, con los ojos cerrados (J).
- Energía en el eje Y, con los ojos abiertos (J).
- Energía en el eje Y, con los ojos cerrados (J).
- Tiempo en el eje X, con los ojos abiertos (s).
- Tiempo en el eje X, con los ojos cerrados (s).

Movimiento sinusoidal:

La plataforma estable efectúa un desplazamiento hacia delante y otro hacia atrás de manera continua a lo largo de toda la prueba con los siguientes parámetros: la duración de la prueba es de 25,6 segundos, la amplitud máxima de 62 mm y la frecuencia de oscilación de 0.5 Hz.

Esta prueba cuantifica la energía que se genera para el mantenimiento del equilibrio. La variable obtenida es la ganancia, que es la relación entre el desplazamiento provocado en el sujeto y el estímulo creado por el aparato. En situación de normalidad este cociente ha de dar un valor próximo a 1.

La prueba se realizó con los ojos abiertos y a continuación con los ojos cerrados.

Variables analizadas:

- Ganancia en el eje X con los ojos cerrados.
- Ganancia en el eje Y, con los ojos abiertos.
- Ganancia en el eje Y, con los ojos cerrados.
- La variable ganancia en el eje X con los ojos abiertos no existe porque no es pertinente para calcular los criterios de caída.

• Evaluación dinámica con balancín sobre plataforma sin movimiento

En esta prueba se registra la aceleración y velocidad de los sucesivos desequilibrios que presenta el sujeto cuando se encuentra sobre una superficie inestable tipo balancín.

Sobre la plataforma fija sin movimiento se coloca un balancín, con posibilidades de movimiento en sentido laterolateral o anteroposterior.

La duración total de la prueba es de 80 segundos. Durante 40 segundos se registran las oscilaciones en sentido laterolateral (de este tiempo, 20 segundos son con los ojos abiertos y otros 20 con los ojos cerrados). Durante los otros 40 segundos se registran las oscilaciones en sentido anteroposterior (de éstos, 20 segundos son con los ojos abiertos y otros 20 con los ojos cerrados),

Variables analizadas:

- Aceleración máxima del desplazamiento del C.P. en el eje X con los ojos abiertos (mm/s^2).
- Aceleración máxima del desplazamiento del C.P. en el eje X con los ojos cerrados (mm/s^2).
- Aceleración media del desplazamiento del C.P. en el eje X con los ojos abiertos (mm/s^2).
- Aceleración media del desplazamiento del C.P. en el eje X con los ojos cerrados (mm/s^2).

- Velocidad media del desplazamiento del C.P. en el eje X con los ojos abiertos (mm/s).
- Velocidad media del desplazamiento del C.P. en el eje X con los ojos cerrados (mm/s).
- Aceleración máxima del desplazamiento del C.P. en el eje Y con los ojos abiertos (mm/s²).
- Aceleración máxima del desplazamiento del C.P. en el eje Y con los ojos cerrados (mm/s²).
- Aceleración media del desplazamiento del C.P. en el eje Y con los ojos abiertos (mm/s²).
- Aceleración media del desplazamiento del C.P. en el eje Y con los ojos cerrados (mm/s²).
- Velocidad media del desplazamiento del C.P. en el eje Y con los ojos abiertos (mm/s).
- Velocidad media del desplazamiento del C.P. en el eje Y con los ojos cerrados (mm/s).

Test de organización sensorial

Lo obtiene el sistema a partir de los resultados de la evaluación estática y de la evaluación dinámica. Mediante este test se cuantifica, en el modelo de plataforma de este estudio y en tanto por ciento (%), la aportación que hacen los sistemas somestésico, visual y vestibular por separado al mantenimiento del equilibrio, tanto en sentido laterolateral como anteroposterior. La máxima aportación posible de cada uno de los sistemas es del 100%.

En el sistema Synapsis, este análisis se realiza a partir de los registros obtenidos en las siguientes condiciones:

- La condición 1 es estática con los ojos abiertos (OA):

$$\text{Condición 1} = \frac{\text{amplitud máxima límites estabilidad} - \text{amplitud máxima estabilograma OA}}{\text{amplitud máxima límites estabilidad} \times 100}$$

- La condición 2 es estática con los ojos cerrados (OC).

$$\text{Condición 2} = \frac{\text{amplitud máxima límites estabilidad} - \text{amplitud máxima estabilograma OC}}{\text{amplitud máxima límites estabilidad} \times 100}$$

- La condición 3 es dinámica con los ojos abiertos.

$$\text{Condición 3} = \frac{\text{amplitud máxima límites estabilidad} - \text{amplitud máxima dinámica OA}}{\text{amplitud máxima límites estabilidad} \times 100}$$

- La condición 4 es dinámica con los ojos cerrados.

$$\text{Condición 4} = \frac{\text{amplitud máxima límites estabilidad} - \text{amplitud máxima dinámica OC}}{\text{amplitud máxima límites estabilidad} \times 100}$$

- La participación del sistema somatosensorial en el control postural se obtiene de la fórmula: condición 2 / condición 1
- La participación del sistema visual se obtiene de: condición 3 / condición 1
- La participación vestibular es: condición 4 / condición 1

Variables analizadas:

- Participación del sistema somestésico en el eje X (%).
- Participación del sistema visual en el eje X (%).
- Participación del sistema vestibular en el eje X (%).
- Participación del sistema somestésico en el eje Y (%).
- Participación del sistema visual en el eje Y (%).
- Participación del sistema vestibular en el eje Y (%).

El tiempo aproximado de realización de la posturografía fue de 20 minutos.

EVALUACIÓN ESTÁTICA OA y OC		Centro de presiones en X (mm) Centro de presiones en Y (mm) Amplitud máxima en X (mm) Amplitud máxima en Y (mm) Longitud del estatocinesigrama (mm) Superficie del estatocinesigrama (mm ²) LFS (mm/mm ²) Sustentación (mm ²) Cociente Romberg
EVALUACIÓN DINÁMICA OA y OC	TRASLACIÓN Y PRUEBA SI- NUSOIDAL	Energía en X (J) Energía en Y (J) Tiempo en X (s) Ganancia en X OC Ganancia en Y
EVALUACIÓN DINÁMICA OA y OC	BALANCÍN	Aceleración máxima en X (mm/s ²) Aceleración media en X (mm/s ²) Velocidad media en X (mm/s) Aceleración máxima en Y (mm/s ²) Aceleración media en Y (mm/s ²) Velocidad media en Y (mm/s)
ORGANIZACIÓN SENSORIAL		Somestésico en X Visual en X Vestibular en X Somestésico en Y Visual en Y Vestibular en Y

Tabla 1. Variables analizadas en la posturografía y el test de organización sensorial.

Estudio del equilibrio estático durante la visualización de un video en 3D

Para valorar de manera indirecta la cantidad y calidad del movimiento ocular se registró el equilibrio en bipedestación durante 52 segundos, en los que el sujeto tenía que visualizar con unas gafas de realidad virtual inmersiva dos vídeos en 3D. La cabeza se mantuvo recta al frente. El registro se hizo en el grupo control y en el grupo vestibular gafas. Los resultados de este apartado se exponen en el anexo V.

Variables analizadas:

- Posición media del C.P. del sujeto en el eje X (laterolateral) con los ojos abiertos (mm).
- Posición media del C.P. del sujeto en el eje Y (eje anteroposterior) con los ojos abiertos (mm).
- Amplitud máxima del desplazamiento del C.P. en el eje X con los ojos abiertos (mm).
- Amplitud máxima del desplazamiento del C.P. en el eje Y con los ojos abiertos (mm).
- Longitud del estatocinesigrama con los ojos abiertos (mm).
- Superficie del estatocinesigrama con los ojos abiertos (mm²).
- LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama (mm/mm²) con los ojos abiertos.

Estudio de la percepción de la orientación

Para realizar el estudio de percepción de la orientación se llevo a cabo lo que hemos denominado test del túnel (traducido libremente del inglés *bucket test*). Cada uno de los sujetos del estudio, en posición sentada, la cara en contacto con el túnel anteriormente descrito y la sala oscurecida para evitar referencias lumínicas externas, realizó las tres pruebas siguientes:

Estudio de la vertical subjetiva

El sujeto tenía que orientar con el ratón *trackball*, respecto a lo que consideraba vertical, 14 líneas de 65 mm de longitud del programa Neurocog, que aparecían de forma sucesiva con uno de sus extremos en el centro de la pantalla.

Variable analizada:

- Error constante de la desviación de la respuesta con respecto a la vertical objetiva (90°) (g°).
- Error variable de la desviación de la respuesta con respecto a la vertical objetiva (90°) (g°).

Estudio de la orientación visual

El sujeto tenía que memorizar la inclinación con la que aparecían en la pantalla del ordenador líneas de 65 mm de longitud, con 7 orientaciones espaciales distintas denominadas líneas de referencia (situadas con una inclinación de -22.5° , 0° , 22.5° , 45° , 67.5° , 90° , 112.5°) (**Figura 19**) seguidas cada una de ellas de una línea orientada aleatoriamente, llamada línea variable, que el sujeto tenía que colocar con la misma orientación que la línea de referencia recién mostrada.

Para eliminar la imagen mental del estímulo aparecía tras cada línea de referencia y durante 1 segundo una pantalla de distracción que contenía unas líneas cruzadas con orientaciones y colores diversos.

Variable analizada:

- Error constante de la desviación de la respuesta con respecto a la línea de referencia (g°).
- Error variable de la desviación de la respuesta con respecto a la línea de referencia (g°).

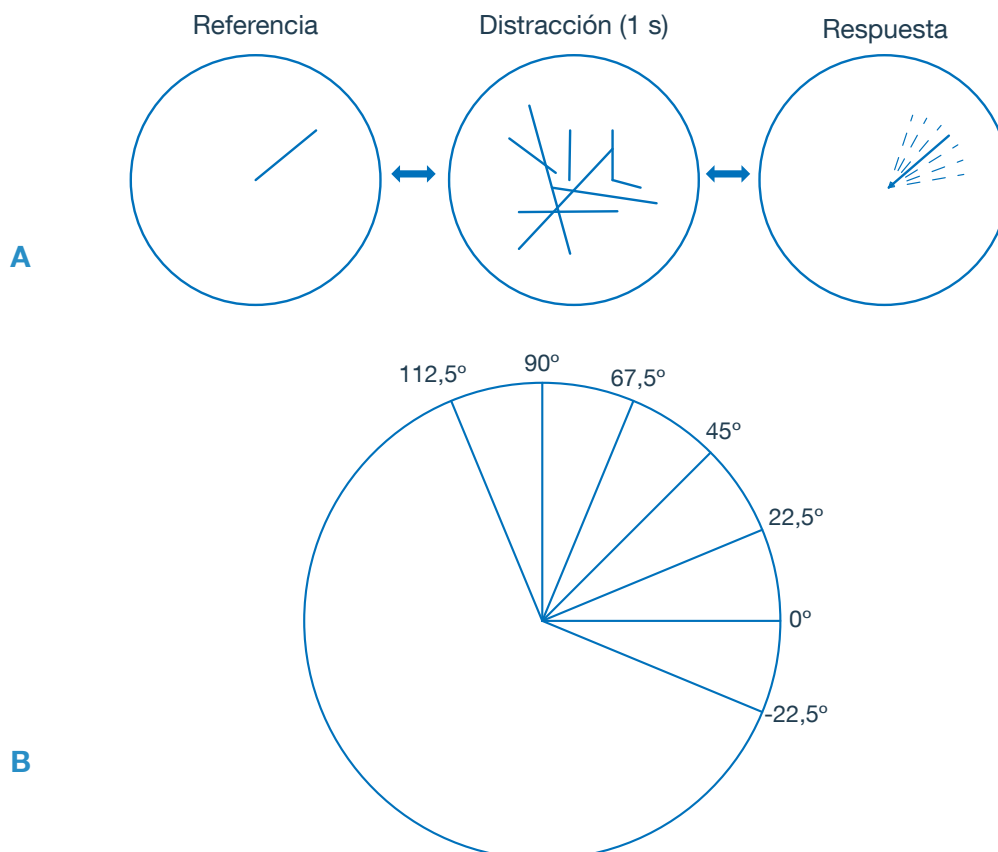


Figura 19. (A) Estímulos visuales vistos secuencialmente por el sujeto a través del túnel cilíndrico. Líneas distractoras entre un estímulo y el siguiente. (B) Angulaciones utilizadas en la prueba de percepción de la orientación visual. Adaptado de Lipshits *et al.* (98) y McIntyre *et al.* (66)

El tiempo aproximado de las tres pruebas fue de 10 minutos, con pausa entre una y otra si el participante así la solicitaba.

Cuestionario de calidad de vida y percepción de mejoría subjetiva

Cuestionario de discapacidad vestibular (DHI)

En la fase de evaluación inicial y tras la fase de intervención los sujetos incluidos en los grupos de casos completaron una encuesta de calidad de vida en relación con el problema vestibular.

Se trata de un cuestionario autoadministrado de percepción de la discapacidad, diseñado por Jacobson *et al.* en 1990 (117) y validado al español por Pérez *et al.* en el año 2000 (118) (anexo III). Consta de 25 preguntas que evalúan los aspectos emocional, físico y funcional en relación con el mareo y la inestabilidad. La puntuación va de 0 a 100 puntos, siendo 100 el máximo grado de discapacidad. El DHI tiene una alta fiabilidad y consistencia interna (Cronbach = 0,89) y una alta fiabilidad test - retest (coeficiente de correlación de Pearson = 0,97) (113,118). La traducción del DHI en la revisión Cochrane de Hillier *et al.* (72) es “Inventario de incapacidad por vértigo”, aunque hemos preferido denominarlo siguiendo la denominación de la validación al español.

Escala de autopercepción de mejoría

Se utilizó una escala de autoevaluación en la que el paciente valoró su mejoría tras el tratamiento. Para ello se utilizó un cuestionario de una sola pregunta con la que se le solicitó que clasificara la mejoría sentida con el tratamiento de acuerdo con una escala de Likert de 8 puntos (0: peor-7 mucho mejor) (Anexo IV).

Programas de reeducación vestibular

Grupo vestibular.

Tras la evaluación individual inicial, los sujetos pertenecientes a este grupo realizaron un programa de reeducación vestibular y visual, de pie en la plataforma de posturografía. El programa tuvo un mínimo de 6 sesiones y un máximo de 10, realizadas a lo largo de semanas consecutivas, con una frecuencia de 2 sesiones/semana, de 30-40 minutos de duración cada una.

El sujeto tenía que realizar los ejercicios manteniendo los pies en el suelo separados ligeramente y los brazos a lo largo del cuerpo. Podía ver los desplazamientos de su centro de presiones y la ubicación del objetivo en la pantalla de ordenador situada enfrente. Se le instruyó en la estrategia de pivote tobillo-rodilla-cadera, corrigiendo verbalmente las estrategias inadecuadas de equilibrio. Cada una de las sesiones comenzaba por los ejercicios de reeducación somatosensorial y finalizaba con los de reeducación visual.

Ejercicios de reeducación somatosensorial:

Incorporados en el software de la plataforma, se basaron en (Figura 20):

- Desplazamientos hacia un objetivo fijo situado dentro del área de trabajo establecida. La sensibilidad también podía ser variada, para hacer los ejercicios más o menos difíciles.

- Mantenimiento dentro del área de trabajo cada vez más pequeña, pudiendo dificultar la actividad colocándose sobre el balancín.
- Desplazamientos hacia un objetivo que desaparecía de la pantalla tras 2 segundos de exposición.
- Mantenimiento dentro del área de trabajo seleccionada mientras la plataforma se trasladaba según un movimiento de traslación o sinusoidal, con una aceleración y frecuencia establecidas.
- Desplazamiento hacia 8 posiciones (delante, detrás, derecha, izquierda y diagonales) según iban siendo mostradas en la pantalla.
- Colocación sobre un objetivo en movimiento situado dentro del área de trabajo o evitación del mismo.
- Mantenimiento del equilibrio sobre el balancín situado para permitir el movimiento en sentido anteroposterior o laterolateral.
- Mantenimiento del equilibrio sobre el balancín añadiendo giros de cabeza y/o cierre de los ojos y/o goma espuma sobre la superficie de apoyo.

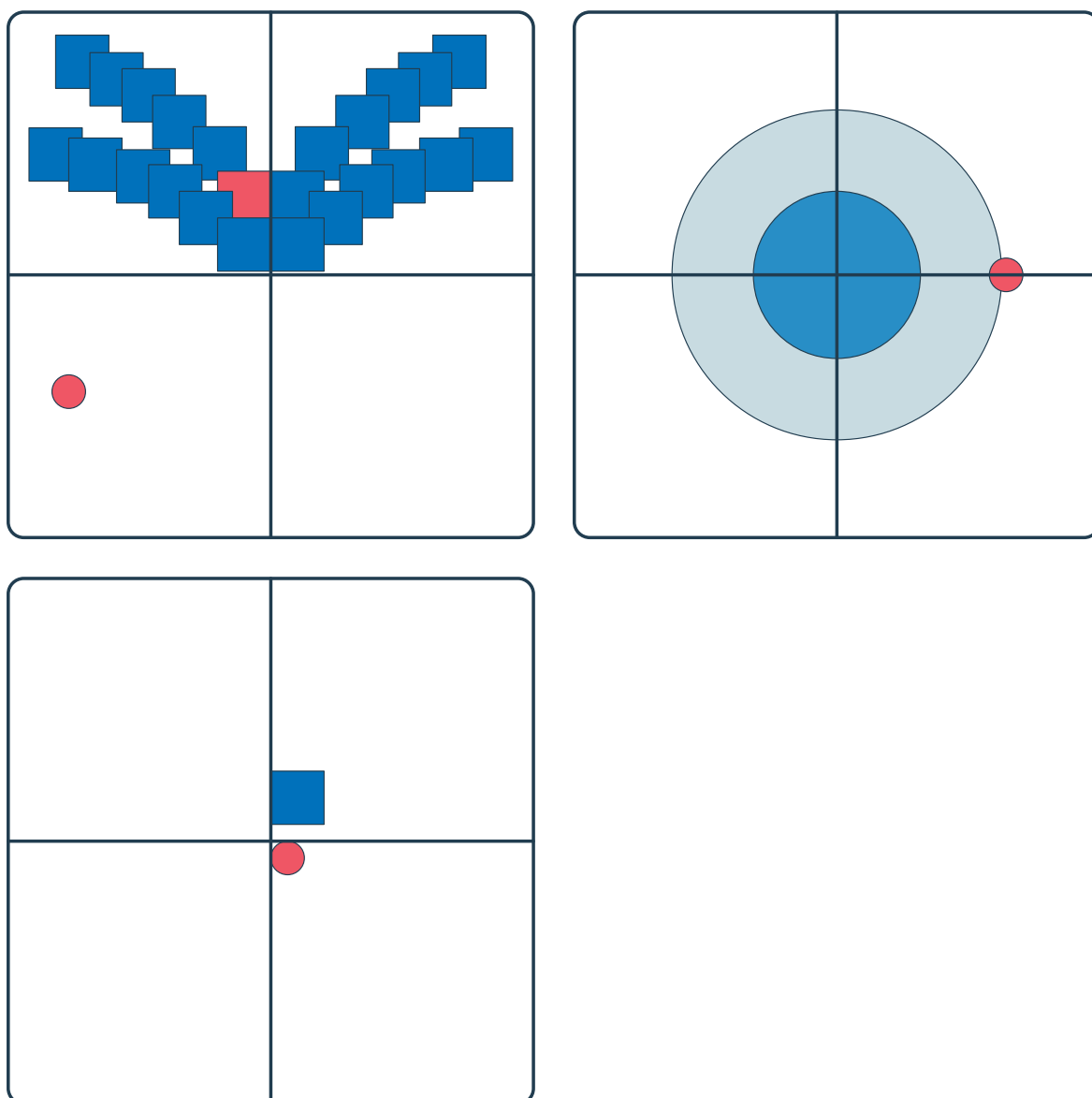


Figura 20. Algunos de los ejercicios realizados con la plataforma de posturografía.

Ejercicios de reeducación visual:

- Durante un máximo de 10 minutos (o el máximo tiempo tolerado) en cada sesión, el sujeto tenía que mirar unos vídeos proyectados en la pantalla del ordenador sin desplazar la cabeza. Dichos vídeos constaban de imágenes en las que los objetos se desplazaban siguiendo vectores horizontales y verticales de movimiento, se acercaban y alejaban o giraban. La consigna era o mantener la mirada lo más fija posible o seguir el movimiento del objeto, respetando la posición al frente de la cabeza (**Figura 21**). Para aumentar la exigencia visual se podía colocar al sujeto sobre una goma espuma de densidad media o sobre el balancín en situación anteroposterior o lateral o bien sobre ambos dispositivos (goma espuma sobre el balancín). El hecho de poder dificultar la tarea venía determinado por la sintomatología referida por el paciente.

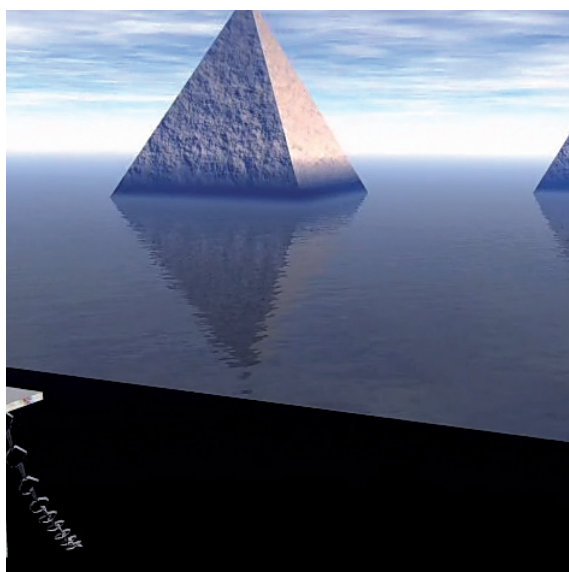
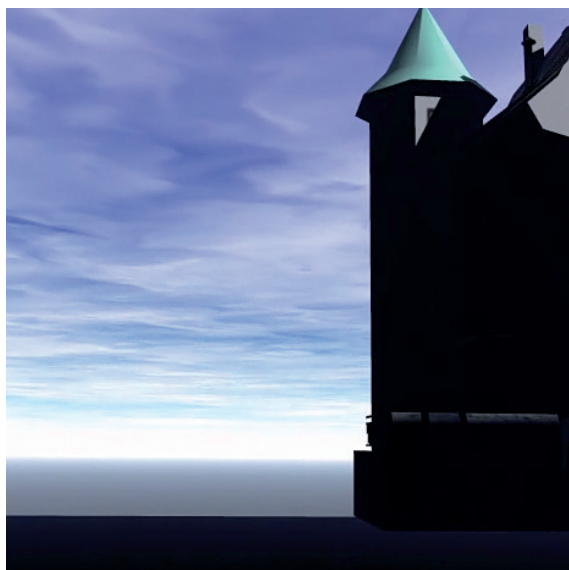
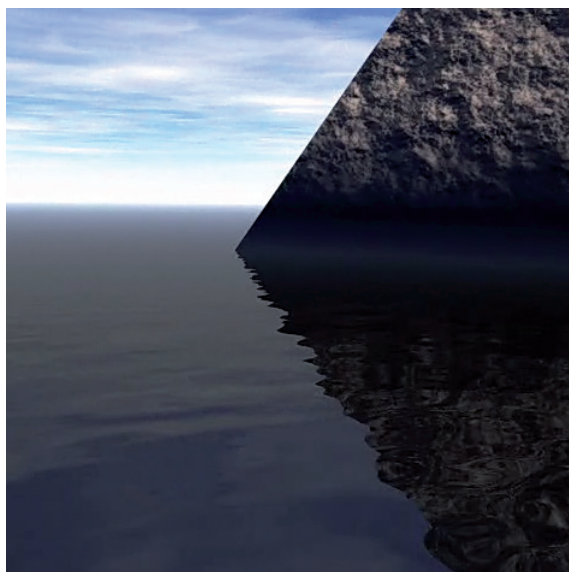
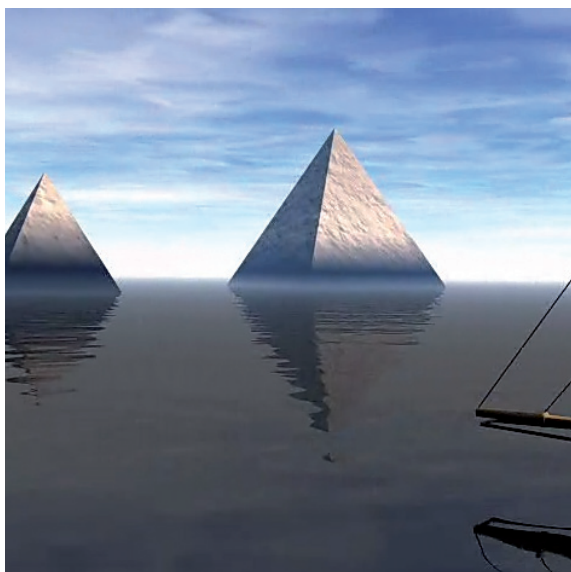


Figura 21. Fotogramas de uno de los vídeos utilizados en la reeducación visual.

Grupo vestibular gafas

Los ejercicios de reeducación somatosensorial fueron idénticos en este grupo a los del grupo vestibular, salvo para los ejercicios de reeducación visual.

Ejercicios de reeducación visual:

- El sujeto en bipedestación tenía que mirar los mismos vídeos que los del grupo vestibular pero adaptados a un entorno 3D y vistos con las gafas Oculus DK1.

Se registraron las sesiones de tratamiento de cada individuo anotando los ejercicios realizados, parámetros de los mismos, dificultad en la consecución de los objetivos, sintomatología referida antes de comenzar la sesión y durante la misma, así como otras observaciones. Ello permitió seguir una progresión en los ejercicios, finalizando las sesiones (no menos de 6) cuando todos los ejercicios eran realizados adecuadamente con al menos un nivel de dificultad elemental.

Análisis estadístico

Análisis estadístico de los datos obtenidos en la posturografía, en el test de organización sensorial y en el cuestionario DHI

El grupo vestibular fue analizado en su totalidad y luego segmentado en:

- sujetos en fase aguda o crónica
- sujetos con lesión en el lado derecho o izquierdo
- sujetos que percibieron mejoría con la RV y los que no se sintieron mejor

Los datos obtenidos en la posturografía estática, dinámica, el test de organización sensorial y el cuestionario DHI se prepararon en hojas de cálculo Excel 2010© y se exportaron al programa estadístico SPSS© versión 15 para su análisis.

Previamente al análisis de los datos se efectuó un proceso de normalización de los valores de las variables que se muestran a continuación, dividiéndose el valor obtenido por cada sujeto entre su altura en metros.

- Centro de presiones en X (mm) con OA y OC
- Centro de presiones en Y (mm) con OA y OC
- Amplitud máxima en X (mm) con OA y OC
- Amplitud máxima en Y (mm) con OA y OC
- Longitud del estatocinesigrama (mm) con OA y OC
- Superficie del estatocinesigrama (mm²) con OA y OC
- Sustentación (mm²)

A continuación se procedió a contrastar la hipótesis nula de “normalidad”, aplicándose para ello el test de bondad de ajuste a la distribución normal de Kolmogorov-Smirnov. El nivel de significación establecido fue de 0,05.

Se detectaron mediante un *box plot* o diagrama de caja los casos atípicos y los atípicos extremos, eliminándose los atípicos extremos del análisis de las variables.

Se obtuvieron los estadísticos descriptivos media y desviación estándar de las variables de la posturografía y del test de organización postural antes y después de tratamiento, así como del cuestionario DHI en el grupo vestibular. Se obtuvieron también los estadísticos descriptivos media y desviación estándar de las variables de la posturografía y del test de organización postural en el grupo control.

Para analizar la eficacia del tratamiento en el grupo vestibular antes y después del tratamiento o comparar los datos obtenidos en el grupo vestibular después del tratamiento con los datos de referencia del grupo control se llevó a cabo un contraste de diferencia de medias para muestras relacionadas o independientes respectivamente, obteniéndose así la significación. Se utilizó para ello la prueba T de Student o la prueba U de Mann-Whitney en función de la normalidad de las variables. Se estableció un nivel de significación de $p < 0,05$.

Finalmente, para estudiar qué variables podían justificar una mejoría subjetiva de los sujetos del grupo vestibular se llevó a cabo un estudio de correlación bivariada, considerándose la diferencia de medias del valor total del cuestionario DHI antes y después del tratamiento en función de la diferencia de medias de las variables de la posturografía y del test de organización sensorial antes y después de la reeducación vestibular. Se consideró el coeficiente de correlación de Pearson cuando las variables eran normales y el coeficiente de correlación de Spearman para las consideradas no normales.

Análisis estadístico de los datos obtenidos en prueba de la vertical subjetiva y de la percepción de la orientación visual

Los datos obtenidos en las pruebas de percepción de la orientación se prepararon en hojas de cálculo MicroSoft OfficeExcel 2010© y se analizaron con el programa Statistica©StatSoft, versión 12.

Se realizó inicialmente el test de Kolgomorov-Smirnov para verificar la normalidad de la distribución del error constante y el error variable para cada grupo y subgrupo de sujetos, así como para detectar los casos atípicos y atípicos extremos.

Para el análisis estadístico se utilizó un análisis de la varianza (ANOVA) de medidas repetidas, seguido del test de Scheffé de comparaciones múltiples, para los análisis post-hoc.

Por el tipo de análisis realizado, se consideró al total de sujetos valorados en el momento inicial, sin distinguir entre el tipo de intervención, dado que el número de personas tratado con gafas 3D fue muy pequeño.

• Prueba de percepción de la vertical subjetiva

Se calculó el error medio, denominado error constante, de las 10 últimas respuestas de las 14 dadas en la prueba de orientación subjetiva de la barra con respecto a la vertical objetiva.

Se estimó el error variable, que es la desviación estándar de esas 10 respuestas realizadas.

• Prueba de percepción de la orientación visual

Antes de realizar ambos análisis se eliminaron las respuestas aberrantes, que eran las que sobrepasaban el tiempo de 120 segundos dedicado a cada respuesta, o aquellas que correspondían a la orientación en la que la barra de respuesta era presentada (lo que quiere decir que el sujeto había respondido sin desplazar la barra).

Se calculó el error medio y su desviación estándar para cada uno de los siguientes siete valores angulares: -22.5° , 0° , 22.5° , 45° , 67.5° , 90° y 112.5° .

El error constante es el error medio de las 6 respuestas dadas para cada una de las 7 orientaciones. El error en cada respuesta fue calculado haciendo la diferencia entre la respuesta dada por el sujeto y el valor de la referencia, de tal forma que los valores positivos en el error correspondían a estimaciones de la orientación más a la izquierda de la barra de referencia (error en el sentido antihorario) y los valores

negativos a estimaciones de la orientación más a la derecha de la referencia (error en el sentido horario).

El error variable corresponde a la desviación estándar de las 6 respuestas dadas para cada una de las 7 orientaciones analizadas.

En el primer análisis consideramos el error constante para cada una de la 7 orientaciones angulares estudiadas (-22.5° , 0° , 22.5° , 45° , 67.5° , 90° y 112.5°) antes y después del tratamiento como variables independientes. El grupo total (vestibulares-contróles), subgrupo en función del lado con lesión (derecho-izquierdo) y/o subgrupo en función del tiempo de evolución (agudo-crónico) fueron los factores de análisis.

En la segunda parte estudiamos el error variable de la misma forma, es decir, el error variable para cada una de la 7 orientaciones angulares, antes y después del tratamiento, fueron las variables independientes. El grupo total (vestibulares-contróles), subgrupo en función del lado con lesión (derecho-izquierdo) y/o subgrupo en función del tiempo de evolución (agudo-crónico) fueron los factores de análisis.

6

Resultados



Resultados

Todos los sujetos del grupo vestibular (GV) eran diestros. Todos los sujetos del grupo control (GC) eran diestros, excepto 1 zurdo.

Todos los integrantes del GV eran capaces de caminar sin dispositivos de ayuda tipo muleta, bastón o andador.

La **tabla 2** muestra los valores de las características de edad, estatura y peso en los grupos vestibular y control.

	Grupo vestibular		Grupo control		
	(n = 29)		(n = 30)		
	Media	DS	Media	DS	p
Edad	53,17	10,13	54,67	5,80	0,488
Estatura (m)	1,66	0,09	1,66	0,09	0,770
Peso (kg)	69,34	15,57	66,80	13,39	0,503

Tabla 2. Características generales de los grupos vestibular y control.

Rango de edad del grupo vestibular: 31 – 66 años.

Rango de edad del grupo control: 41 – 66 años.

El resto de resultados de este estudio se presenta en tres apartados:

- Resultados del registro del equilibrio.
- Resultados de la percepción de la orientación.
- Resultados del cuestionario de calidad de vida y de la percepción de mejoría subjetiva.

Resultados del registro de equilibrio

- Comparación de los valores obtenidos en el grupo vestibular antes del tratamiento con los del grupo control (**tablas 3-6**).
- Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos agudos antes del tratamiento con los del grupo control (**tablas 7-10**).
- Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos crónicos antes del tratamiento con los del grupo control (**tablas 11-14**).
- Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho antes del tratamiento con los del grupo control (**tablas 15-18**).
- Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos con lesión en el lado izquierdo antes del tratamiento con los del grupo control (**tablas 19-22**).
- Comparación de los valores obtenidos en el grupo vestibular antes y después del tratamiento (**tablas 23-26**).
- Comparación de los valores obtenidos en el grupo vestibular antes y después del tratamiento, diferenciando entre casos agudos y crónicos (**tablas 27-30**).
- Comparación de los valores obtenidos en el grupo vestibular antes y después del tratamiento, diferenciando entre lesión del lado derecho e izquierdo (**tablas 31-34**).
- Comparación de los valores obtenidos en el grupo vestibular después del tratamiento con los del grupo control (**tablas 35-38**).
- Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos agudos después del tratamiento con los del grupo control (**tablas 39-42**).
- Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos crónicos después del tratamiento con los del grupo control (**tablas 43-46**).
- Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos con lesión derecha después del tratamiento con los del grupo control (**tablas 47-50**).
- Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos con lesión izquierda después del tratamiento con los del grupo control (**tablas 51-54**).
- Comparación de los valores obtenidos en el grupo vestibular antes y después del tratamiento, diferenciando entre los casos que refieren mejoría y los que no (**tablas 55-58**).

En la **figuras 22-40** se comparan los valores más representativos obtenidos antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo, con los del GC.

Nota: los resultados del estudio posturográfico realizado con las gafas de realidad virtual se recoge en el anexo V (**tablas 82-84**).

Resultados de las pruebas de percepción de la orientación

Incluyen los datos de percepción de la vertical subjetiva y percepción de la orientación visual, organizados de la siguiente manera:

- Comparación de los valores obtenidos en la percepción de la vertical subjetiva en el grupo vestibular y en el pequeño grupo vestibular gafas antes del tratamiento y del grupo control (**tabla 59-60, figura 41**).
- Comparación de los valores obtenidos en la percepción de la vertical subjetiva en los diferentes subgrupos y en el grupo control antes del tratamiento (**figuras 42-45**).
- Comparación de los valores obtenidos en la percepción de la vertical subjetiva en el grupo vestibular y en el pequeño grupo vestibular gafas antes y después del tratamiento (**tabla 61-62, figura 46**).
- Comparación de los valores obtenidos en la percepción de la vertical subjetiva en los diferentes subgrupos antes y después del tratamiento (**figuras 47-48**).
- Comparación de los valores obtenidos en la percepción de la vertical subjetiva en el grupo vestibular y en el pequeño grupo vestibular gafas después del tratamiento y en el grupo control (**figura 49**).
- Comparación de los valores obtenidos en la percepción de la vertical subjetiva en los diferentes subgrupos y en el grupo control después del tratamiento (**figuras 50-53**).
- Comparación de los valores obtenidos en la prueba de percepción de la orientación visual en el grupo vestibular y en el pequeño grupo vestibular gafas antes del tratamiento y en el grupo control (**tablas 63-70, figura 54**).
- Comparación de los valores obtenidos en la prueba de percepción de la orientación visual en los diferentes subgrupos y en el grupo control antes del tratamiento (**figuras 55-58**).
- Comparación de los valores obtenidos en la prueba de percepción de la orientación visual en el grupo vestibular y en el pequeño grupo vestibular gafas antes y después del tratamiento (**tablas 71-76, figura 59**).
- Comparación de los valores obtenidos en la prueba de percepción de la orientación visual en los diferentes subgrupos antes y después del tratamiento (**figuras 60-63**).
- Comparación de los valores obtenidos en la prueba de percepción de la orientación visual en el grupo vestibular y en el pequeño grupo vestibular gafas después del tratamiento y en el grupo control (**figura 64**).

- Comparación de los valores obtenidos en la prueba de percepción de la orientación visual en los diferentes subgrupos después del tratamiento y en el grupo control (**figuras 65-68**).

Resultados del cuestionario de calidad de vida y de la percepción de mejoría subjetiva

- Percepción de discapacidad antes y después del tratamiento, en el grupo vestibular y en los distintos subgrupos (**tablas 77-80, figuras 69-72**).
- Correlación en el grupo vestibular entre los valores de la escala DHI global y los valores de la posturografía, registrados antes y después del tratamiento (**Tabla 81**. Se muestran únicamente los valores con correlación significativa).

Resultados del registro de equilibrio

Comparación de los valores obtenidos en el grupo vestibular antes del tratamiento con los del grupo control

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Pre tto.				
		Media	DS	Media	DS	p
Centro de presiones en X (mm)	OA	-0,74	11,11	-4,64	7,90	0,124
	OC	-1,55	11,05	-4,43	8,03	0,256
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-21,62	14,04	-19,11	9,27	0,420
	OC	-21,60	13,36	-18,10	9,64	0,251
Amplitud máxima en X (mm)	OA	11,54	6,08	8,06	3,39	0,009
	OC	22,02	16,64	8,49	3,74	0,000
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	17,74	10,94	11,49	4,54	0,006
	OC	25,63	13,59	12,33	4,44	0,000
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	201,40	109,18	126,83	26,67	0,001
	OC	447,86	275,74	190,20	60,31	0,000
Superficie del estatocinesigrama (mm²)	OA	248,94	287,82	97,14	102,76	0,009
	OC	772,26	1269,33	105,79	73,32	0,006
LFS (mm/mm²)	OA	0,57	0,23	0,47	0,10	0,023
	OC	0,68	0,40	0,56	0,14	0,117
Sustentación (mm²)		13342,00	5206,47	12531,30	3889,42	0,500
Cociente Romberg		253,03	178,05	140,29	97,22	0,004

Tabla 3. Comparación de los valores medios de las variables estabilométricas de los grupos vestibular y control en el inicio del estudio. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Pre tto.				
		Media	DS	Media	DS	p
Energía en X (J)	OA	198,38	320,37	75,87	68,59	0,046
	OC	346,38	598,93	83,72	82,55	0,021
Energía en Y (J)	OA	837,84	374,16	619,64	214,76	0,008
	OC	1556,31	808,04	958,96	473,68	0,001
Tiempo en X (s)	OA	3,22	0,75	2,72	0,73	0,007
	OC	4,89	1,41	3,80	0,93	0,001
Ganancia en X	OC	0,54	0,40	0,35	0,19	0,026
Ganancia en Y	OA	0,89	0,47	0,71	0,25	0,065
	OC	1,54	0,48	1,15	0,32	0,001

Tabla 4. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno de los grupos vestibular y control en el inicio del estudio.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Pre tto.				
		Media	DS	Media	DS	p
Aceleración máxima en X (mm/s²)	OA	4,58	3,10	2,69	1,44	0,004
	OC	12,79	9,96	8,09	3,24	0,000
Aceleración media en X (mm/s²)	OA	1,18	0,86	0,85	0,90	0,149
	OC	2,76	1,02	1,57	0,69	0,000
Velocidad media en X (mm/s)	OA	1,76	1,30	0,98	0,38	0,002
	OC	4,31	1,25	2,74	1,09	0,000
Aceleración máxima en Y (mm/s²)	OA	4,68	3,98	2,29	0,83	0,002
	OC	11,80	3,72	8,74	3,65	0,002
Aceleración media en Y (mm/s²)	OA	1,45	1,38	0,69	0,39	0,005
	OC	2,52	0,91	1,98	1,22	0,000
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	2,15	1,84	1,07	0,43	0,003
	OC	5,15	1,97	2,99	1,44	0,000

Tabla 5. Comparación de los valores medios de las variables de la posturografía dinámica con balanceo de los grupos vestibular y control en el inicio del estudio.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Pre tto.				
		Media	DS	Media	DS	p
En X	Somestésico	87,93	14,42	97,53	3,06	0,001
	Visual	83,59	16,92	91,67	8,37	0,023
	Vestibular	34,76	24,90	59,80	19,93	0,000
En Y	Somestésico	83,96	16,24	96,03	5,57	0,000
	Visual	90,03	20,80	98,13	3,17	0,039
	Vestibular	47,59	27,54	60,03	23,81	0,068

Tabla 6. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial de los grupos vestibular y control en el inicio del estudio.

Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos agudos antes del tratamiento con los del grupo control

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. agudos pre tto (n = 10)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Centro de presiones en X (mm)	OA	1,37	9,77	-4,65	7,90	0,057
	OC	1,33	10,38	-4,43	8,03	0,076
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-23,24	16,21	-19,11	9,27	0,324
	OC	-23,58	14,43	-18,10	9,64	0,179
Amplitud máxima en X (mm)	OA	13,10	6,47	8,07	3,40	0,003
	OC	23,55	13,93	8,50	3,74	0,000
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	20,48	7,11	11,49	4,54	0,000
	OC	29,42	14,14	12,33	4,44	0,000
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	251,58	125,21	126,83	26,67	0,000
	OC	559,96	349,24	190,21	60,31	0,000
Superficie del estatocinesigrama (mm²)	OA	309,48	226,89	97,14	102,76	0,000
	OC	771,89	693,82	105,79	73,33	0,000
LFS (mm/mm²)	OA	0,66	0,26	0,47	0,09	0,001
	OC	0,70	0,49	0,56	0,15	0,150
Sustentación (mm²)		12078,68	3245,83	12.531,30	3.889,43	0,743
Cociente Romberg		249,73	190,02	140,29	97,22	0,022

Tabla 7. Comparación de los valores medios de las variables estabilométricas de los casos agudos del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. agudos pre tto (n = 8)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Energía en X (J)	OA	194,26	106,68	75,87	68,59	0,000
	OC	520,21	967,24	83,72	82,55	0,016
Energía en Y (J)	OA	884,79	393,60	619,64	214,76	0,014
	OC	1690,13	950,64	958,96	473,68	0,004
Tiempo en X (s)	OA	3,42	1,22	2,72	0,73	0,047
	OC	4,78	1,78	3,80	0,93	0,040
Ganancia en X	OC	0,54	0,38	0,35	0,19	0,054
Ganancia en Y	OA	0,81	0,37	0,71	0,26	0,361
	OC	1,70	0,48	1,15	0,32	0,000

Tabla 8. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno de los casos agudos del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. agudos pre tto (n = 10)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Aceleración máxima en X (mm/s²)	OA	5,57	3,76	2,69	1,44	0,001
	OC	13,71	3,25	8,09	3,24	0,000
Aceleración media en X (mm/s²)	OA	1,49	1,01	0,85	0,90	0,068
	OC	2,92	1,04	1,57	0,69	0,000
Velocidad media en X (mm/s)	OA	2,18	1,84	0,98	0,39	0,001
	OC	4,83	1,22	2,74	1,09	0,000
Aceleración máxima en Y (mm/s²)	OA	5,89	6,32	2,30	0,83	0,003
	OC	12,61	3,93	8,74	3,65	0,007
Aceleración media en Y (mm/s²)	OA	1,75	2,01	0,69	0,39	0,008
	OC	2,74	0,94	1,98	1,22	0,082
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	2,84	2,70	1,07	0,43	0,001
	OC	6,14	2,28	2,99	1,44	0,000

Tabla 9. Comparación de los valores medios de las variables de la posturografía dinámica con balancín de los casos agudos del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. agudos pre tto (n = 10)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
En X	Somestésico	87,60	12,08	97,53	3,06	0,000
	Visual	77,60	20,12	91,67	8,37	0,003
	Vestibular	28,20	23,46	59,80	19,94	0,000
En Y	Somestésico	80,10	19,15	96,03	5,57	0,000
	Visual	83,80	32,64	98,13	3,17	0,020
	Vestibular	44,00	28,36	60,03	23,81	0,087

Tabla 10. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial de los casos agudos del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio.

Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos crónicos antes del tratamiento con los del grupo control

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. crónicos pre tto (n = 19)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Centro de presiones en X (mm)	OA	-1,85	11,85	-4,65	7,90	0,327
	OC	-3,07	11,37	-4,43	8,03	0,626
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-20,77	13,16	-19,11	9,27	0,607
	OC	-20,56	13,04	-18,10	9,64	0,451
Amplitud máxima en X (mm)	OA	10,72	5,88	8,07	3,40	0,050
	OC	21,22	18,21	8,50	3,74	0,001
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	16,30	12,43	11,49	4,54	0,059
	OC	23,63	13,23	12,33	4,44	0,000
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	174,99	92,56	126,83	26,67	0,010
	OC	388,85	215,94	190,21	60,31	0,000
Superficie del estatocinesigrama (mm²)	OA	217,08	316,26	97,14	102,76	0,049
	OC	772,46	1505,20	105,79	73,33	0,001
LFS (mm/mm²)	OA	0,53	0,21	0,47	0,09	0,154
	OC	0,67	0,37	0,56	0,15	0,129
Sustentación (mm²)		14006,90	5962,05	12.531,30	3.889,43	0,299
Cociente Romberg		686,47	1895,86	140,29	97,22	0,120

Tabla 11. Comparación de los valores medios de las variables estabilométricas de los casos crónicos del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama.

		Grupo vestibular		Grupo control		p
		P. crónicos pre tto (n = 19)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	
Energía en X (J)	OA	200,12	379,24	75,87	68,59	0,011
	OC	273,19	367,75	83,72	82,55	0,009
Energía en Y (J)	OA	818,08	374,94	619,64	214,76	0,023
	OC	1499,97	761,82	958,96	473,68	0,004
Tiempo en X (s)	OA	3,26	0,69	2,72	0,73	0,013
	OC	4,94	1,28	3,80	0,93	0,001
Ganancia en X	OC	0,54	0,43	0,35	0,19	0,039
Ganancia en Y	OA	0,93	0,51	0,71	0,26	0,050
	OC	1,47	0,49	1,15	0,32	0,007

Tabla 12. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno de los casos crónicos del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. crónicos pre tto (n = 19)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Aceleración máxima en X (mm/s²)	OA	4,06	2,64	2,69	1,44	0,023
	OC	12,31	4,29	8,09	3,24	0,000
Aceleración media en X (mm/s²)	OA	1,02	0,76	0,85	0,90	0,479
	OC	2,68	1,02	1,57	0,69	0,000
Velocidad media en X (mm/s)	OA	1,54	0,88	0,98	0,39	0,003
	OC	4,04	1,21	2,74	1,09	0,000
Aceleración máxima en Y (mm/s²)	OA	4,04	1,86	2,30	0,83	0,000
	OC	11,38	3,65	8,74	3,65	0,017
Aceleración media en Y (mm/s²)	OA	1,30	0,95	0,69	0,39	0,003
	OC	2,41	0,89	1,98	1,22	0,196
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	1,80	1,12	1,07	0,43	0,002
	OC	4,63	1,62	2,99	1,44	0,001

Tabla 13. Comparación de los valores medios de las variables de la posturografía dinámica con balancín de los casos crónicos del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. crónicos pre tto (n = 19)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
En X	Somestésico	88,11	15,83	97,53	3,06	0,003
	Visual	86,74	14,59	91,67	8,37	0,139
	Vestibular	38,21	25,56	59,80	19,94	0,002
En Y	Somestésico	86,00	14,64	96,03	5,57	0,001
	Visual	93,32	10,36	98,13	3,17	0,021
	Vestibular	49,47	27,69	60,03	23,81	0,162

Tabla 14. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial de los casos crónicos del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio.

Comparación de los valores obtenidos en subgrupo de casos con lesión en el lado derecho antes del tratamiento con los del grupo control

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión dcha. pre tto (n = 15)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Centro de presiones en X (mm)	OA	0,21	11,08	-4,65	7,90	0,098
	OC	-1,38	10,95	-4,43	8,03	0,294
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-23,03	16,07	-19,11	9,27	0,304
	OC	-21,61	16,16	-18,10	9,64	0,365
Amplitud máxima en X (mm)	OA	11,26	5,90	8,07	3,40	0,026
	OC	24,56	21,35	8,50	3,74	0,000
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	17,80	13,65	11,49	4,54	0,026
	OC	24,11	15,77	12,33	4,44	0,000
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	190,67	107,00	126,83	26,67	0,003
	OC	398,90	237,28	190,21	60,31	0,000
Superficie del estatocinesigrama (mm²)	OA	267,91	354,44	97,14	102,76	0,018
	OC	1.010,97	1.717,72	105,79	73,33	0,006
LFS (mm/mm²)	OA	0,53	0,20	0,47	0,09	0,185
	OC	0,55	0,33	0,56	0,15	0,937
Sustentación (mm²)		14.483,36	5.377,47	12.531,30	3.889,43	0,171
Cociente Romberg		214,45	177,77	140,29	97,22	0,004

Tabla 15. Comparación de los valores medios de las variables estabilométricas de los pacientes del grupo vestibular con lesión derecha y grupo control en el inicio del estudio. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión dcha pre tto (n = 14)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Energía en X (J)	OA	162,37	135,64	75,87	68,59	0,007
	OC	159,49	233,87	83,72	82,55	0,119
Energía en Y (J)	OA	781,51	373,03	619,64	214,76	0,075
	OC	1.294,75	594,65	958,96	473,68	0,050
Tiempo en X (s)	OA	3,25	0,74	2,72	0,73	0,032
	OC	4,22	1,35	3,80	0,93	0,238
Ganancia en X	OC	0,53	0,49	0,35	0,19	0,090
Ganancia en Y	OA	0,95	0,49	0,71	0,26	0,035
	OC	1,42	0,33	1,15	0,32	0,013

Tabla 16. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno de los pacientes con lesión derecha del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión dcha pre tto (n = 15)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Aceleración máxima en X (mm/s²)	OA	4,17	3,26	2,69	1,44	0,040
	OC	12,78	4,10	8,09	3,24	0,000
Aceleración media en X (mm/s²)	OA	1,07	0,81	0,85	0,90	0,422
	OC	2,66	1,09	1,57	0,69	0,000
Velocidad media en X (mm/s)	OA	1,47	0,75	0,98	0,39	0,005
	OC	4,12	1,19	2,74	1,09	0,000
Aceleración máxima en Y (mm/s²)	OA	4,00	2,42	2,30	0,83	0,001
	OC	11,61	3,52	8,74	3,65	0,016
Aceleración media en Y (mm/s²)	OA	1,29	1,06	0,69	0,39	0,008
	OC	2,68	0,97	1,98	1,22	0,061
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	1,65	0,89	1,07	0,43	0,005
	OC	4,75	1,66	2,99	1,44	0,001

Tabla 17. Comparación de los valores medios de las variables de la posturografía dinámica con balancín de los pacientes con lesión derecha del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión dcha pre tto (n = 15)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
En X	Somestésico	85,80	18,37	97,53	3,06	0,001
	Visual	84,67	18,42	91,67	8,37	0,085
	Vestibular	32,60	24,32	59,80	19,94	0,000
En Y	Somestésico	89,73	13,10	96,03	5,57	0,028
	Visual	92,80	11,18	98,13	3,17	0,019
	Vestibular	45,93	22,02	60,03	23,81	0,062

Tabla 18. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial de los pacientes con lesión derecha del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio.

Comparación de los valores obtenidos en subgrupo de casos con lesión en el lado izquierdo antes del tratamiento con los del grupo control

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión izda. pre tto (n = 14)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Centro de presiones en X (mm)	OA	-1,76	11,47	-4,65	7,90	0,335
	OC	-1,74	11,58	-4,43	8,03	0,375
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-20,11	11,91	-19,11	9,27	0,762
	OC	-21,59	10,14	-18,10	9,64	0,277
Amplitud máxima en X (mm)	OA	11,84	6,48	8,07	3,40	0,015
	OC	19,31	9,47	8,50	3,74	0,000
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	17,68	7,56	11,49	4,54	0,002
	OC	27,25	11,16	12,33	4,44	0,000
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	212,91	114,32	126,83	26,67	0,000
	OC	500,31	312,09	190,21	60,31	0,000
Superficie del estatocinesigrama (mm²)	OA	228,63	205,62	97,14	102,76	0,007
	OC	516,51	395,68	105,79	73,33	0,000
LFS (mm/mm²)	OA	0,63	0,26	0,47	0,09	0,005
	OC	0,83	0,44	0,56	0,15	0,004
Sustentación (mm²)		12.119,11	4.912,22	12.531,30	3.889,43	0,765
Cociente Romberg		289,61	176,63	140,29	97,22	0,001

Tabla 19. Comparación de los valores medios de las variables estabilométricas de los pacientes del grupo vestibular con lesión izquierda y grupo control en el inicio del estudio. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama.

		Grupo vestibular		Grupo control		p
		Lesión izda pre tto (n = 13)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	
Energía en X (J)	OA	237,16	446,45	75,87	68,59	0,002
	OC	547,65	795,82	83,72	82,55	0,003
Energía en Y (J)	OA	898,51	380,64	619,64	214,76	0,004
	OC	1.838,00	930,50	958,96	473,68	0,000
Tiempo en X (s)	OA	3,37	0,99	2,72	0,73	0,022
	OC	5,62	1,12	3,80	0,93	0,000
Ganancia en X	OC	0,55	0,30	0,35	0,19	0,012
Ganancia en Y	OA	0,83	0,47	0,71	0,26	0,260
	OC	1,67	0,60	1,15	0,32	0,001

Tabla 20. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno de los pacientes con lesión izquierda del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión izda pre tto (n = 14)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Aceleración máxima en X (mm/s²)	OA	5,01	2,96	2,69	1,44	0,001
	OC	12,80	3,97	8,09	3,24	0,000
Aceleración media en X (mm/s²)	OA	1,30	0,93	0,85	0,90	0,129
	OC	2,88	0,96	1,57	0,69	0,000
Velocidad media en X (mm/s)	OA	2,08	1,68	0,98	0,39	0,001
	OC	4,52	1,32	2,74	1,09	0,000
Aceleración máxima en Y (mm/s²)	OA	5,41	5,17	2,30	0,83	0,002
	OC	12,02	4,05	8,74	3,65	0,011
Aceleración media en Y (mm/s²)	OA	1,63	1,69	0,69	0,39	0,005
	OC	2,35	0,83	1,98	1,22	0,310
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	2,70	2,42	1,07	0,43	0,001
	OC	5,58	2,24	2,99	1,44	0,000

Tabla 21. Comparación de los valores medios de las variables de la posturografía dinámica con balancín de los pacientes con lesión izquierda del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión izda pre tto (n = 14)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
En X	Somestésico	90,21	8,58	97,53	3,06	0,000
	Visual	82,43	15,77	91,67	8,37	0,015
	Vestibular	37,07	26,23	59,80	19,94	0,003
En Y	Somestésico	77,79	17,43	96,03	5,57	0,000
	Visual	87,07	27,90	98,13	3,17	0,036
	Vestibular	49,36	33,23	60,03	23,81	0,230

Tabla 22. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial de los pacientes con lesión izquierda del grupo vestibular y grupo control en el inicio del estudio.

Comparación de los valores obtenidos en el grupo vestibular antes y después del tratamiento

		Grupo vestibular				p	
		Pre tto.			Post tto.		
		Media	DS		Media		DS
Centro de presiones en X (mm)	OA	-0,74	11,11		-1,40	8,87	0,693
	OC	-1,55	11,05		-1,78	9,44	0,860
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-21,62	14,04		-22,45	13,37	0,890
	OC	-21,60	13,36		-23,11	13,43	0,740
Amplitud máxima en X (mm)	OA	11,54	6,08		12,31	7,56	0,680
	OC	22,02	16,64		16,41	13,19	0,067
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	17,74	10,94		15,95	10,41	0,311
	OC	25,63	13,59		22,51	16,99	0,351
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	201,40	109,18		188,96	96,63	0,560
	OC	447,86	275,74		364,04	264,09	0,116
Superficie del estatocinesigrama (mm²)	OA	248,94	287,82		244,01	311,68	0,921
	OC	772,26	1269,33		512,68	863,78	0,291
LFS (mm/mm²)	OA	0,57	0,23		0,54	0,17	0,400
	OC	0,68	0,40		0,64	0,33	0,985
Sustentación (mm²)		13342,00	5206,47		13888,08	3376,84	0,562
Cociente Romberg		252,03	178,05		180,58	145,67	0,005

Tabla 23. Comparación de los valores medios de las variables del estabilograma en el grupo vestibular antes y después de la reeducación vestibular. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama.

		Grupo vestibular				p
		Pre tto.		Post tto.		
		Media	DS	Media	DS	
Energía en X (J)	OA	198,38	320,37	75,21	36,94	0,055
	OC	346,38	598,93	111,51	136,53	0,012
Energía en Y (J)	OA	837,84	374,16	718,17	284,61	0,009
	OC	1556,31	808,04	1155,66	632,19	0,007
Tiempo en X (s)	OA	3,22	0,75	3,14	0,97	0,638
	OC	4,89	1,41	4,31	1,26	0,053
Ganancia en X	OC	0,54	0,40	0,38	0,14	0,088
Ganancia en Y	OA	0,89	0,47	0,84	0,37	0,341
	OC	1,54	0,48	1,44	0,49	0,310

Tabla 24. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno en el grupo vestibular antes y después de la reeducación vestibular.

		Grupo vestibular				p	
		Pre tto.			Post tto.		
		Media	DS		Media		DS
Aceleración máxima en X (mm/s²)	OA	4,58	3,10		3,95	2,58	0,331
	OC	12,79	9,96		10,24	3,91	0,003
Aceleración media en X (mm/s²)	OA	1,18	0,86		1,20	0,97	0,975
	OC	2,76	1,02		2,12	0,88	0,001
Velocidad media en X (mm/s)	OA	1,76	1,30		1,53	1,00	0,145
	OC	4,31	1,25		3,66	1,61	0,009
Aceleración máxima en Y (mm/s²)	OA	4,68	3,98		3,91	3,44	0,330
	OC	11,80	3,72		3,44	3,83	0,003
Aceleración media en Y (mm/s²)	OA	1,45	1,38		0,98	0,91	0,120
	OC	2,52	0,91		0,91	0,95	0,003
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	2,15	1,84		1,90	1,67	0,371
	OC	5,15	1,97		1,67	1,81	0,013

Tabla 25. Comparación de los valores medios de las variables de la posturografía dinámica con balancín en el grupo vestibular antes y después de la reeducación vestibular.

		Grupo vestibular				p	
		Pre tto.			Post tto.		
		Media	DS		Media		DS
En X	Somestésico	87,93	14,42		93,03	8,81	0,030
	Visual	83,59	16,92		87,85	13,21	0,110
	Vestibular	34,76	24,90		46,17	24,80	0,010
En Y	Somestésico	83,96	16,24		88,32	16,69	0,260
	Visual	90,03	20,80		90,64	15,42	0,800
	Vestibular	47,59	27,54		62,68	26,69	0,000

Tabla 26. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial en el grupo vestibular antes y después de la reeducación vestibular.

Comparación de los valores obtenidos en el grupo vestibular antes y después del tratamiento, diferenciando entre casos agudos y crónicos

		P. agudos				P. crónicos			
		Pre tto (n = 9)		Post tto (n = 8)		Pre tto (n = 19)		Post tto (n = 19)	
		Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS

		P. agudos				P. crónicos			
		Pre tto (n = 8)		Post tto (n = 9)		Pre tto (n = 19)		Post tto (n = 19)	
		Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Energía en X (J)	OA	194,26	106,68	90,74	43,51	200,12	379,24	67,85	32,05
	OC	520,21	967,24	106,06	48,32	273,19	367,75	114,09	164,02
Energía en Y (J)	OA	884,79	393,60	839,66	331,08	818,08	374,94	660,63	248,83
	OC	1690,13	950,64	1,26	0,53	1499,97	761,82	1,53	0,46
Tiempo en X (s)	OA	3,42	1,22	3,23	1,31	3,26	0,69	3,26	1,04
	OC	4,78	1,78	4,27	1,45	4,94	1,28	4,33	1,20
Ganancia en X	OC	0,54	0,38	0,33	0,12	0,54	0,43	0,41	0,15
	OA	0,81	0,37	0,88	0,37	0,93	0,51	0,83	0,38
Ganancia en Y	OC	1,70	0,48	1,26	0,53	1,47	0,49	1,53	0,46
	OC								

Tabla 28. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno en el grupo vestibular antes y después de la reeducación vestibular, diferenciando entre casos agudos o crónicos.

		P. agudos						P. crónicos					
		Pre tto (n = 10)			Post tto (n = 9)			Pre tto (n = 19)			Post tto (n = 19)		
		Media	DS		Media	DS	p	Media	DS		Media	DS	p
En X	Somestésico	87,60	12,08		95,11	10,23	0,012	88,11	15,83		92,05	8,17	0,246
	Visual	77,60	20,12		81,00	18,62	0,487	86,74	14,59		91,11	8,56	0,142
	Vestibular	28,20	23,46		44,44	31,65	0,072	38,21	25,56		47,00	21,79	0,078
En Y	Somestésico	80,10	19,15		91,67	17,90	0,162	86,00	14,64		86,74	16,35	0,844
	Visual	83,80	32,64		88,22	21,43	0,586	93,32	10,36		91,79	12,17	0,513
	Vestibular	44,00	28,36		62,11	32,33	0,014	49,47	27,69		62,95	24,58	0,054

Tabla 30. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial en el grupo vestibular antes y después de la reeducación vestibular, diferenciando entre casos agudos o crónicos.

Comparación de los valores obtenidos en el grupo vestibular antes y después del tratamiento, diferenciando entre lesión del lado derecho e izquierdo

Lesión derecha					Lesión izquierda							
	Pre tto (n = 15)			Post tto (n = 15)			Pre tto (n = 14)			Post tto (n = 13)		
	Media	DS	p	Media	DS	p	Media	DS	p	Media	DS	p
Centro de presiones en X (mm)	OA	0,21	11,08	-0,70	8,62	0,635	-1,76	11,47	0,917	-2,21	9,45	0,917
	OC	-1,38	10,95	-1,17	9,14	0,920	-1,74	11,58	0,741	-2,49	10,10	0,741
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-23,03	16,07	-20,48	17,08	0,266	-20,11	11,91	0,000	-24,74	7,17	0,000
	OC	-21,61	16,16	-21,54	17,11	0,983	-21,59	10,14	0,496	-24,92	7,59	0,496
Amplitud máxima en X (mm)	OA	11,26	5,90	10,34	4,96	0,583	11,84	6,48	0,442	14,57	9,47	0,442
	OC	24,56	21,35	13,88	12,85	0,013	19,31	9,47	0,965	19,33	13,48	0,965
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	17,80	13,65	15,26	11,82	0,106	17,68	7,56	0,794	16,76	8,92	0,794
	OC	24,11	15,77	20,31	16,97	0,327	27,25	11,16	0,723	25,05	17,35	0,723
Longitud del estato- cinesigrama (mm)	OA	190,67	107,00	162,18	74,19	0,066	212,91	114,32	0,693	219,86	112,51	0,693
	OC	398,90	237,28	302,64	252,59	0,097	500,31	312,09	0,644	434,88	268,98	0,644
Superficie del esta- tocinesigrama (mm²)	OA	267,91	354,44	183,67	233,23	0,160	228,63	205,62	0,528	313,62	381,20	0,528
	OC	1,010,97	1,717,72	436,82	740,79	0,151	516,51	395,68	0,803	600,21	1,011,45	0,803
LFS (mm/mm²)	OA	0,53	0,20	0,51	0,17	0,643	0,63	0,26	0,501	0,57	0,17	0,501
	OC	0,55	0,33	0,56	0,32	0,835	0,83	0,44	0,887	0,74	0,33	0,887
Sustentación (mm³)		14.483,36	5.377,47	14.772,90	3.961,52	0,830	12.119,11	4.912,22	0,539	12.867,14	2.289,07	0,539
Cociente Romberg		214,45	177,77	194,03	193,51	0,159	289,61	176,63	0,013	165,05	59,76	0,013

Tabla 31. Comparación de los valores medios de las variables del establograma en el grupo ves- tibular antes y después de la reeducación vestibular, diferenciando entre casos con lesión en lado derecho e izquierdo. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la su- perficie del estatocinesigrama.

	Lesión derecha					Lesión izquierda				
	Pre tto (n = 14)		Post tto (n = 15)			Pre tto (n = 13)		Post tto (n = 13)		
	Media	DS	Media	DS	p	Media	DS	Media	DS	p
Energía en X (J)	OA	162,37	135,64	39,27	0,011	237,16	446,45	85,05	32,79	0,258
	OC	159,49	233,87	37,09		547,65	795,82	147,43	194,24	0,028
Energía en Y (J)	OA	781,51	373,03	283,53	0,102	898,51	380,64	760,25	291,37	0,031
	OC	1.294,75	594,65	464,89	0,017	1.838,00	930,50	1.322,12	768,80	0,123
Tiempo en X (s)	OA	3,25	0,74	0,73	0,064	3,37	0,99	3,74	1,29	0,198
	OC	4,22	1,35	1,14	0,482	5,62	1,12	4,72	1,31	0,052
Ganancia en X	OC	0,53	0,49	0,33	0,176	0,55	0,30	0,44	0,12	0,323
Ganancia en Y	OA	0,95	0,49	0,32	0,131	0,83	0,47	0,98	0,38	0,578
	OC	1,42	0,33	1,30	0,117	1,67	0,60	1,62	0,49	0,854

Tabla 32. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno en el grupo vestibular antes y después de la reeducación vestibular, diferenciando entre casos con lesión en lado derecho e izquierdo.

	Lesión derecha						Lesión izquierda					
	pre tto (n=15)			post tto (n=14)			pre tto (n=14)			post tto (n=13)		
	Media	DS		Media	DS	p	Media	DS		Media	DS	p
Aceleración máxima en X (mm/s ²)	OA	4,17	3,26	3,28	1,94	0,329	5,01	2,96		4,67	3,05	0,670
	OC	12,78	4,10	8,63	3,57	0,004	12,80	3,97		11,99	3,61	0,284
Aceleración media en X (mm/s ²)	OA	1,07	0,81	1,08	1,00	0,972	1,30	0,93		1,34	0,97	0,940
	OC	2,66	1,09	1,74	0,77	0,004	2,88	0,96		2,54	0,81	0,079
Velocidad media en X (mm/s)	OA	1,47	0,75	1,23	0,52	0,225	2,08	1,68		1,85	1,29	0,364
	OC	4,12	1,19	3,09	1,58	0,013	4,52	1,32		4,25	1,47	0,368
Aceleración máxima en Y (mm/s ²)	OA	4,00	2,42	3,02	2,73	0,206	5,41	5,17		4,86	3,95	0,627
	OC	11,61	3,52	7,30	2,73	0,004	12,02	4,05		10,55	4,21	0,225
Aceleración media en Y (mm/s ²)	OA	1,29	1,06	0,60	0,41	0,060	1,63	1,69		1,39	1,12	0,566
	OC	2,68	0,97	1,41	0,67	0,000	2,35	0,83		2,18	1,08	0,517
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	1,65	0,89	1,44	0,85	0,494	2,70	2,42		2,40	2,17	0,496
	OC	4,75	1,66	3,31	1,51	0,015	5,58	2,24		4,87	1,82	0,318

Tabla 33. Comparación de los valores medios de las variables de la posturografía dinámica con balancín en el grupo vestibular antes y después de la reeducación vestibular, diferenciando entre casos con lesión en lado derecho e izquierdo.

		Lesión derecha					Lesión izquierda					
		pre tto (n=15)			post tto (n=15)		pre tto (n= 14)			post tto (n=13)		
		Media	DS		Media	DS	p	Media	DS	Media	DS	p
En X	Somestésico	85,80	18,37		94,00	9,69	0,027	90,21	8,58	91,92	7,91	0,554
	Visual	84,67	18,42		87,60	13,91	0,404	82,43	15,77	88,15	12,93	0,183
	Vestibular	32,60	24,32		50,00	25,68	0,018	37,07	26,23	41,77	23,98	0,296
En Y	Somestésico	89,73	13,10		91,67	14,37	0,529	77,79	17,43	84,46	18,87	0,358
	Visual	92,80	11,18		93,80	9,86	0,529	87,07	27,90	87,00	19,86	0,911
	Vestibular	45,93	22,02		67,73	24,14	0,005	49,36	33,23	56,85	29,23	0,331

Tabla 34. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial en el grupo vestibular antes y después de la reeducación vestibular, diferenciando entre casos con lesión en lado derecho e izquierdo.

Comparación de los valores obtenidos en el grupo vestibular después del tratamiento con los del grupo control

		Grupo vestibular		Grupo control		
		tras tto (n=28)		(n=30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Centro de presiones en X (mm)	OA	-1,40	8,88	-4,65	7,90	0,146
	OC	-1,78	9,44	-4,43	8,03	0,253
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-22,45	13,37	-19,11	9,27	0,270
	OC	-23,11	13,43	-18,10	9,64	0,106
Amplitud máxima en X (mm)	OA	12,31	7,56	8,07	3,40	0,007
	OC	16,41	13,19	8,50	3,74	0,003
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	15,95	10,41	11,49	4,54	0,037
	OC	22,51	17,00	12,33	4,44	0,002
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	188,96	96,63	126,83	26,67	0,001
	OC	364,04	264,10	190,21	60,31	0,001
Superficie del estatocinesigrama (mm²)	OA	244,01	311,68	97,14	102,76	0,018
	OC	512,68	863,78	105,79	73,33	0,013
LFS (mm/mm²)	OA	0,54	0,17	0,47	0,09	0,042
	OC	0,64	0,33	0,56	0,15	0,203
Sustentación (mm²)		13.888,08	3.376,84	12.531,30	3.889,43	0,163
Cociente Romberg		180,58	145,67	140,29	97,22	0,225

Tabla 35. Comparación de los valores medios de las variables estabilométricas del grupo vestibular al finalizar la RV y los valores de referencia del grupo control. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		tras tto (n=28)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Energía en X (J)	OA	75,21	36,94	75,87	68,59	0,964
	OC	111,51	136,53	83,72	82,55	0,349
Energía en Y (J)	OA	718,17	284,61	619,64	214,76	0,141
	OC	1.155,66	632,19	958,96	473,68	0,183
Tiempo en X (s)	OA	3,25	1,11	2,72	0,73	0,036
	OC	4,31	1,26	3,80	0,93	0,084
Ganancia en X	OC	0,38	0,14	0,35	0,19	0,470
Ganancia en Y	OA	0,84	0,37	0,71	0,26	0,103
	OC	1,45	0,49	1,15	0,32	0,008

Tabla 36. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno del grupo vestibular al finalizar la RV y los valores de referencia del grupo control.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		tras tto (n=27)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Aceleración máxima en X (mm/s²)	OA	3,95	2,58	2,69	1,44	0,025
	OC	10,25	3,92	8,09	3,24	0,027
Aceleración media en X (mm/s²)	OA	1,21	0,97	0,85	0,90	0,155
	OC	2,12	0,88	1,57	0,69	0,011
Velocidad media en X (mm/s)	OA	1,53	1,01	0,98	0,39	0,008
	OC	3,65	1,61	2,74	1,09	0,015
Aceleración máxima en Y (mm/s²)	OA	3,91	3,44	2,30	0,83	0,016
	OC	8,86	3,83	8,74	3,65	0,902
Aceleración media en Y (mm/s²)	OA	0,98	0,91	0,69	0,39	0,113
	OC	1,78	0,96	1,98	1,22	0,490
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	1,90	1,67	1,07	0,43	0,011
	OC	4,06	1,82	2,99	1,44	0,016

Tabla 37. Comparación de los valores medios de las variables de la posturografía dinámica con balancín del grupo vestibular al finalizar la RV y los valores de referencia del grupo control.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		post tto (n= 28)				
		Media	DS	Media	DS	p
En X	Somestésico	93,04	8,81	97,53	3,06	0,011
	Visual	87,86	13,22	91,67	8,37	0,192
	Vestibular	46,18	24,80	59,80	19,94	0,024
En Y	Somestésico	88,32	16,69	96,03	5,57	0,020
	Visual	90,64	15,42	98,13	3,17	0,012
	Vestibular	62,68	26,69	60,03	23,81	0,692

Tabla 38. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial del grupo vestibular al finalizar la RV y los valores de referencia del grupo control.

Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos agudos después del tratamiento con los del grupo control

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. agudos post tto (n = 8)				
		Media	DS	Media	DS	p
Centro de presiones en X (mm)	OA	3,17	8,93	-4,65	7,90	0,016
	OC	2,36	10,45	-4,43	8,03	0,045
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-24,48	16,30	-19,11	9,27	0,214
	OC	-24,78	16,56	-18,1	9,64	0,135
Amplitud máxima en X (mm)	OA	12,88	5,04	8,07	3,40	0,002
	OC	14,38	13,77	8,5	3,74	0,038
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	16,05	4,92	11,49	4,54	0,014
	OC	19,85	17,82	12,33	4,44	0,037
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	213,54	116,41	126,83	26,67	0,000
	OC	377,92	309,62	190,21	60,31	0,003
Superficie del estatocinesigrama (mm²)	OA	234,39	187,44	97,14	102,76	0,007
	OC	405,61	738,49	105,79	73,33	0,030
LFS (mm/mm²)	OA	0,60	0,19	0,47	0,09	0,007
	OC	0,65	0,31	0,56	0,15	0,204
Sustentación (mm²)		13493,51	3600,39	12531,30	3889,43	0,513
Cociente Romberg		108,05	115,84	140,29	97,22	0,409

Tabla 39. Comparación de los valores medios de las variables del establograma de los casos agudos después del tratamiento y del grupo control. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. agudos post tto (n = 9)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Energía en X (J)	OA	90,74	43,51	75,87	68,59	0,545
	OC	106,06	48,32	83,72	82,55	0,447
Energía en Y (J)	OA	839,66	331,08	619,64	214,76	0,023
	OC	1166,97	582,52	958,96	473,68	0,280
Tiempo en X (s)	OA	3,23	1,31	2,72	0,73	0,145
	OC	4,27	1,45	3,80	0,93	0,254
Ganancia en X	OC	0,33	0,12	0,35	0,19	0,787
Ganancia en Y	OA	0,88	0,37	0,71	0,26	0,114
	OC	1,26	0,53	1,15	0,32	0,439

Tabla 40. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno de los casos agudos después del tratamiento y del grupo control.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. agudos post tto (n = 8)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Aceleración máxima en X (mm/s²)	OA	4,11	2,86	2,69	1,44	0,056
	OC	9,92	4,74	8,09	3,24	0,206
Aceleración media en X (mm/s²)	OA	1,35	1,15	0,85	0,90	0,192
	OC	1,98	1,00	1,57	0,69	0,189
Velocidad media en X (mm/s)	OA	1,69	1,50	0,98	0,39	0,022
	OC	3,41	2,17	2,74	1,09	0,226
Aceleración máxima en Y (mm/s²)	OA	4,32	4,06	2,30	0,83	0,013
	OC	7,73	3,79	8,74	3,65	0,492
Aceleración media en Y (mm/s²)	OA	1,13	0,87	0,69	0,39	0,038
	OC	1,61	0,96	1,98	1,22	0,430
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	2,39	2,64	1,07	0,43	0,011
	OC	3,79	1,77	2,99	1,44	0,190

Tabla 41. Comparación de los valores medios de las variables de la posturografía dinámica con balancín de los casos agudos después del tratamiento y del grupo control.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. agudos post tto (n = 9)				
		Media	DS	Media	DS	p
En X	Somestésico	95,11	10,23	97,53	3,06	0,252
	Visual	81,00	18,62	91,67	8,37	0,019
	Vestibular	44,44	31,65	59,80	19,94	0,087
En Y	Somestésico	91,67	17,90	96,03	5,57	0,243
	Visual	88,22	21,43	98,13	3,17	0,016
	Vestibular	62,11	32,33	60,03	23,81	0,834

Tabla 42. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial de los casos agudos después del tratamiento y del grupo control.

Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos crónicos después del tratamiento con los del grupo control

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. crónicos post tto (n = 19)				
		Media	DS	Media	DS	p
Centro de presiones en X (mm)	OA	-4,65	7,90	-4,65	7,90	0,646
	OC	-3,56	8,21	-4,43	8,03	0,776
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-3,74	8,52	-19,11	9,27	0,441
	OC	-21,49	12,13	-18,10	9,64	0,183
Amplitud máxima en X (mm)	OA	-22,32	12,10	8,07	3,40	0,028
	OC	12,03	8,62	8,50	3,74	0,001
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	17,37	13,18	11,49	4,54	0,080
	OC	15,91	12,33	12,33	4,44	0,001
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	23,77	16,94	126,83	26,67	0,004
	OC	177,32	86,83	190,21	60,31	0,001
Superficie del estatocinesigrama (mm²)	OA	357,46	248,74	97,14	102,76	0,035
	OC	248,56	360,61	105,79	73,33	0,010
LFS (mm/mm²)	OA	563,40	931,84	0,47	0,09	0,204
	OC	0,64	0,15	0,56	0,15	0,263
Sustentación (mm²)		0,64	0,35	12531,30	3889,43	0,161
Cociente Romberg		148,29	214,93	140,29	97,22	0,038

Tabla 43. Comparación de los valores medios de las variables del estabilograma de los casos crónicos después del tratamiento y del grupo control. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. crónicos post tto (n = 9)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Energía en X (J)	OA	67,85	32,05	75,87	68,59	0,636
	OC	114,09	164,02	83,72	82,55	0,394
Energía en Y (J)	OA	660,62	248,82	619,64	214,76	0,543
	OC	1150,30	669,76	958,96	473,68	0,247
Tiempo en X (s)	OA	3,26	1,04	2,72	0,73	0,038
	OC	4,33	1,20	3,80	0,93	0,091
Ganancia en X	OC	0,40	0,15	0,35	0,19	0,279
Ganancia en Y	OA	0,82	0,38	0,71	0,26	0,191
	OC	1,53	0,46	1,15	0,32	0,001

Tabla 44. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno de los casos crónicos después del tratamiento y del grupo control.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. crónicos post tto (n = 19)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Aceleración máxima en X (mm/s²)	OA	3,88	2,54	2,69	1,44	0,041
	OC	10,39	3,65	8,09	3,24	0,026
Aceleración media en X (mm/s²)	OA	1,14	0,92	0,85	0,90	0,272
	OC	2,19	0,84	1,57	0,69	0,008
Velocidad media en X (mm/s)	OA	1,46	0,75	0,98	0,39	0,005
	OC	3,75	1,37	2,74	1,09	0,007
Aceleración máxima en Y (mm/s²)	OA	3,73	3,25	2,30	0,83	0,025
	OC	9,34	3,84	8,74	3,65	0,584
Aceleración media en Y (mm/s²)	OA	0,92	0,94	0,69	0,39	0,240
	OC	1,85	0,97	1,98	1,22	0,692
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	1,69	1,07	1,07	0,43	0,006
	OC	4,17	1,87	2,99	1,44	0,016

Tabla 45. Comparación de los valores medios de las variables de la posturografía dinámica con balancín de los casos crónicos después del tratamiento y del grupo control.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		P. crónicos post tto (n = 19)				
		Media	DS	Media	DS	p
En X	Somestésico	92,05	8,17	97,53	3,06	0,002
	Visual	91,11	8,56	91,67	8,37	0,822
	Vestibular	47,00	21,79	59,80	19,94	0,040
En Y	Somestésico	86,74	16,35	96,03	5,57	0,006
	Visual	91,79	12,17	98,13	3,17	0,009
	Vestibular	62,95	24,58	60,03	23,81	0,682

Tabla 46. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial de los casos crónicos después del tratamiento y del grupo control.

Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos con lesión derecha después del tratamiento con los del grupo control

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión dcha. post tto (n = 15)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Centro de presiones en X (mm)	OA	-0,70	8,62	-4,65	7,90	0,132
	OC	-1,17	9,14	-4,43	8,03	0,226
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-20,48	17,08	-19,11	9,27	0,729
	OC	-21,54	17,11	-18,10	9,64	0,391
Amplitud máxima en X (mm)	OA	10,34	4,96	8,07	3,40	0,077
	OC	13,88	12,85	8,50	3,74	0,038
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	15,26	11,82	11,49	4,54	0,130
	OC	20,31	16,97	12,33	4,44	0,019
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	162,18	74,19	126,83	26,67	0,024
	OC	302,64	252,59	190,21	60,31	0,024
Superficie del estatocinesigrama (mm²)	OA	183,67	233,23	97,14	102,76	0,090
	OC	436,82	740,79	105,79	73,33	0,018
LFS (mm/mm²)	OA	0,51	0,17	0,47	0,09	0,258
	OC	0,56	0,32	0,56	0,15	0,958
Sustentación (mm²)		14.772,90	3.961,52	12.531,30	3.889,43	0,077
Cociente Romberg		194,03	193,51	140,29	97,22	0,219

Tabla 47. Comparación de los valores medios de las variables del estabilograma de los casos con lesión derecha después del tratamiento y del grupo control. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión dcha post tto (n = 15)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Energía en X (J)	OA	66,69	39,27	75,87	68,59	0,634
	OC	80,38	37,09	83,72	82,55	0,882
Energía en Y (J)	OA	681,70	283,53	619,64	214,76	0,417
	OC	1.011,39	464,89	958,96	473,68	0,726
Tiempo en X (s)	OA	2,83	0,73	2,72	0,73	0,659
	OC	3,96	1,14	3,80	0,93	0,628
Ganancia en X	OC	0,33	0,14	0,35	0,19	0,700
Ganancia en Y	OA	0,72	0,32	0,71	0,26	0,848
	OC	1,30	0,46	1,15	0,32	0,214

Tabla 48. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno de los casos con lesión derecha después del tratamiento y del grupo control.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión dcha post tto (n = 14)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Aceleración máxima en X (mm/s²)	OA	3,28	1,94	2,69	1,44	0,262
	OC	8,63	3,57	8,09	3,24	0,622
Aceleración media en X (mm/s²)	OA	1,08	1,00	0,85	0,90	0,440
	OC	1,74	0,77	1,57	0,69	0,483
Velocidad media en X (mm/s)	OA	1,23	0,52	0,98	0,39	0,086
	OC	3,09	1,58	2,74	1,09	0,396
Aceleración máxima en Y (mm/s²)	OA	3,02	2,73	2,30	0,83	0,185
	OC	7,30	2,73	8,74	3,65	0,196
Aceleración media en Y (mm/s²)	OA	0,60	0,41	0,69	0,39	0,519
	OC	1,41	0,67	1,98	1,22	0,107
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	1,44	0,85	1,07	0,43	0,065
	OC	3,31	1,51	2,99	1,44	0,501

Tabla 49. Comparación de los valores medios de las variables de la posturografía dinámica con balancín de los casos con lesión derecha después del tratamiento y del grupo control.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión dcha post tto (n = 15)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
En X	Somestésico	94,00	9,69	97,53	3,06	0,073
	Visual	87,60	13,91	91,67	8,37	0,227
	Vestibular	50,00	25,68	59,80	19,94	0,166
En Y	Somestésico	91,67	14,37	96,03	5,57	0,149
	Visual	93,80	9,86	98,13	3,17	0,033
	Vestibular	67,73	24,14	60,03	23,81	0,314

Tabla 50. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial de los casos con lesión derecha después del tratamiento y del grupo control.

Comparación de los valores obtenidos en el subgrupo de casos con lesión izquierda después del tratamiento con los del grupo control

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión izda post tto (n = 13)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Centro de presiones en X (mm)	OA	-2,21	9,45	-4,65	7,90	0,386
	OC	-2,49	10,10	-4,43	8,03	0,504
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-24,74	7,17	-19,11	9,27	0,059
	OC	-24,92	7,59	-18,10	9,64	0,029
Amplitud máxima en X (mm)	OA	14,57	9,47	8,07	3,40	0,002
	OC	19,33	13,48	8,50	3,74	0,000
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	16,76	8,92	11,49	4,54	0,014
	OC	25,05	17,35	12,33	4,44	0,000
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	219,86	112,51	126,83	26,67	0,000
	OC	434,88	268,98	190,21	60,31	0,000
Superficie del estatocinesigrama (mm²)	OA	313,62	381,20	97,14	102,76	0,006
	OC	600,21	1.011,45	105,79	73,33	0,010
LFS (mm/mm²)	OA	0,57	0,17	0,47	0,09	0,010
	OC	0,74	0,33	0,56	0,15	0,016
Sustentación (mm²)		12.867,14	2.289,07	12.531,30	3.889,43	0,774
Cociente Romberg		165,05	59,76	140,29	97,22	0,401

Tabla 51. Comparación de los valores medios de las variables del estabilograma de los casos con lesión izquierda después del tratamiento y del grupo control. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		lesión izda post tto (n = 13)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Energía en X (J)	OA	85,05	32,79	75,87	68,59	0,650
	OC	147,43	194,24	83,72	82,55	0,135
Energía en Y (J)	OA	760,25	291,37	619,64	214,76	0,085
	OC	1.322,12	768,80	958,96	473,68	0,065
Tiempo en X (s)	OA	3,74	1,29	2,72	0,73	0,002
	OC	4,72	1,31	3,80	0,93	0,012
Ganancia en X	OC	0,44	0,12	0,35	0,19	0,108
Ganancia en Y	OA	0,98	0,38	0,71	0,26	0,008
	OC	1,62	0,49	1,15	0,32	0,001

Tabla 52. Comparación de los valores medios de las variables de las pruebas dinámicas de traslación y seno de los casos con lesión izquierda después del tratamiento y del grupo control.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión izda post tto (n = 13)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
Aceleración máxima en X (mm/s²)	OA	4,67	3,05	2,69	1,44	0,006
	OC	11,99	3,61	8,09	3,24	0,001
Aceleración media en X (mm/s²)	OA	1,34	0,97	0,85	0,90	0,117
	OC	2,54	0,81	1,57	0,69	0,000
Velocidad media en X (mm/s)	OA	1,85	1,29	0,98	0,39	0,001
	OC	4,25	1,47	2,74	1,09	0,001
Aceleración máxima en Y (mm/s²)	OA	4,86	3,95	2,30	0,83	0,001
	OC	10,55	4,21	8,74	3,65	0,162
Aceleración media en Y (mm/s²)	OA	1,39	1,12	0,69	0,39	0,004
	OC	2,18	1,08	1,98	1,22	0,617
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	2,40	2,17	1,07	0,43	0,002
	OC	4,87	1,82	2,99	1,44	0,001

Tabla 53. Comparación de los valores medios de las variables de la posturografía dinámica con balancín de los casos con lesión izquierda después del tratamiento y del grupo control.

		Grupo vestibular		Grupo control		
		Lesión izda post tto (n=13)		(n = 30)		
		Media	DS	Media	DS	p
En X	Somestésico	91,92	7,91	97,53	3,06	0,002
	Visual	88,15	12,93	91,67	8,37	0,293
	Vestibular	41,77	23,98	59,80	19,94	0,014
En Y	Somestésico	84,46	18,87	96,03	5,57	0,003
	Visual	87,00	19,86	98,13	3,17	0,004
	Vestibular	56,85	29,23	60,03	23,81	0,709

Tabla 54. Comparación de los valores medios de las variables de la prueba de organización sensorial de los casos con lesión izquierda después del tratamiento y del grupo control.

Comparación de los valores obtenidos en el grupo vestibular antes y después del tratamiento, diferenciando entre los casos que refieren mejoría y los que no

		DICEN SI MEJORAR (n = 22)						DICEN NO MEJORAR (n = 6)					
		Pre			Post			Pre			Post		
		Media	DS		Media	DS	p	Media	DS		Media	DS	p
Centro de presiones en X (mm)	OA	-0,64	10,27		-0,21	8,66	0,795	-1,33	15,72		-5,76	9,00	0,292
	OC	-1,67	10,63		-1,05	9,16	0,723	-0,90	14,46		-4,47	10,85	0,360
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-22,06	12,45		-21,67	11,97	0,829	-24,88	16,36		-25,32	18,75	0,890
	OC	-21,74	11,63		-23,41	12,35	0,520	-24,86	17,79		-22,01	18,20	0,333
Amplitud máxima en X (mm)	OA	11,62	6,73		10,96	5,20	0,659	11,40	4,09		17,25	12,57	0,393
	OC	23,65	18,37		14,96	11,33	0,005	17,00	9,19		21,73	18,90	0,635
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	18,60	12,15		15,25	9,99	0,035	14,57	5,86		18,55	12,51	0,519
	OC	26,54	14,68		21,44	16,07	0,117	21,26	9,69		26,42	21,24	0,559
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	198,84	112,42		177,02	93,39	0,152	197,35	110,97		232,75	104,23	0,532
	OC	439,75	274,12		341,63	262,58	0,011	388,38	219,94		446,19	277,03	0,677
Superficie del estatocinesigrama (mm²)	OA	265,60	322,40		206,51	228,25	0,288	196,23	149,34		381,49	526,22	0,479
	OC	907,34	1.434,51		412,57	627,35	0,074	329,83	211,16		879,73	1.473,18	0,402
LFS (mm/mm²)	OA	0,55	0,23		0,52	0,13	0,398	0,61	0,22		0,60	0,27	0,931
	OC	0,60	0,36		0,63	0,30	0,482	0,81	0,26		0,71	0,47	0,345
Sustentación (mm²)		12.944,05	5.142,27		13.788,85	3.244,34	0,397	14.831,65	6.113,46		14.251,93	4.143,23	0,826
Cociente Romberg		639,51	1.761,18		178,32	158,46	0,198	207,00	176,45		188,85	95,01	0,784

Tabla 55. Comparación de los valores medios del establograma antes y después del tratamiento, distinguiendo en el grupo vestibular en casos que indicaron mejoría tras el tratamiento y los que se sentían igual. OA: ojos abiertos. OC: ojos cerrados. LFS: relación entre la longitud y la superficie del estatocinesigrama.

DICEN SI MEJORAR					DICEN NO MEJORAR								
(n = 22)					(n = 6)								
		Pre			Post			Pre			Post		
		Media	DS		Media	DS	p	Media	DS		Media	DS	p
Energía en X (J)	OA	142,53	117,07		71,23	36,39	0,005	377,38	656,01		38,46	89,82	0,326
	OC	182,08	227,69		83,44	40,94	0,050	471,15	503,97		214,45	278,28	0,140
Energía en Y (J)	OA	814,59	378,97		692,36	310,52	0,004	854,43	391,16		812,80	137,00	0,775
	OC	1.367,77	781,38		1.042,54	539,15	0,008	1.912,37	496,36		1.570,42	821,33	0,361
Tiempo en X (s)	OA	3,06	0,69		3,18	1,19	0,867	3,76	0,72		3,51	0,79	0,427
	OC	4,39	1,12		4,04	1,04	0,075	6,07	1,05		5,31	1,58	0,377
Ganancia en X	OC	0,55	0,46		0,38	0,14	0,114	0,45	0,18		0,39	0,15	0,444
Ganancia en Y	OA	0,93	0,52		0,80	0,33	0,146	0,84	0,30		1,02	0,47	0,127
	OC	1,56	0,50		1,38	0,45	0,100	1,44	0,50		1,67	0,62	0,147

DICEN SI MEJORAR							DICEN NO MEJORAR						
(n = 21)							(n = 6)						
		Pre			Post				Pre			Post	
		Media	DS		Media	DS	p			Media	DS		p
Aceleración máxima en X (mm/s²)	OA	4,73	3,28		3,72	2,46	0,134			4,11	2,83		0,718
	OC	13,44	3,81		10,05	3,98	0,001			10,81	4,39		0,919
Aceleración media en X (mm/s²)	OA	1,20	0,80		1,17	1,02	0,904			1,23	1,17		0,900
	OC	2,83	1,06		2,07	0,86	0,002			2,61	0,97		0,243
Velocidad media en X (mm/s)	OA	1,87	1,43		1,50	1,11	0,027			1,34	0,74		0,291
	OC	4,35	1,22		3,48	1,47	0,001			3,97	1,42		0,448
Aceleración máxima en Y (mm/s²)	OA	4,87	4,53		3,55	3,27	0,156			4,27	1,35		0,636
	OC	11,74	3,51		8,90	4,00	0,008			11,80	5,04		0,212
Aceleración media en Y (mm/s²)	OA	1,68	1,52		0,84	0,84	0,019			0,73	0,25		0,129
	OC	2,73	0,89		1,64	0,72	0,000			1,87	0,71		0,494
Velocidad media en Y (mm/s)	OA	2,23	2,09		1,69	1,82	0,106			1,92	0,80		0,096
	OC	5,24	2,01		3,79	1,83	0,002			4,31	1,47		0,014

Tabla 57. Comparación de los valores medios de la posturografía dinámica con balancín antes y después del tratamiento, diferenciando en el grupo vestibular los casos que indicaron mejoría tras el tratamiento y los que se sentían igual.

		DICEN SI MEJORAR (n = 22)						DICEN NO MEJORAR (n = 6)					
		Pre			Post			Pre			Post		
		Media	DS		Media	DS	p	Media	DS		Media	DS	p
En X	Somestésico	86,14	15,98		93,45	8,44	0,008	93,50	5,75		91,50	10,77	0,745
	Visual	82,86	17,64		89,50	11,22	0,044	85,83	16,95		81,83	18,95	0,300
	Vestibular	31,64	24,55		46,73	24,03	0,006	44,33	27,62		44,17	29,84	0,981
En Y	Somestésico	83,05	17,94		89,77	14,52	0,063	89,17	8,08		83,00	24,01	0,536
	Visual	89,73	23,37		91,82	15,61	0,648	89,50	10,39		86,33	15,24	0,646
	Vestibular	49,00	26,32		62,73	27,68	0,016	44,67	35,80		62,50	25,11	0,192

Tabla 58. Comparación de los valores medios de la prueba de organización sensorial antes y después del tratamiento, distinguiendo en el grupo vestibular los casos que indicaron mejoría tras el tratamiento y los que decían sentirse igual.

En las figuras que se muestran a continuación se ha empleado los siguientes colores: amarillo-grupo control, rojo-GV, azul-p.agudos, verde-p.crónicos, morado-lesión dcha, marrón-lesión izda. Se indica con un asterisco rojo (*) la significación $p < 0.05$

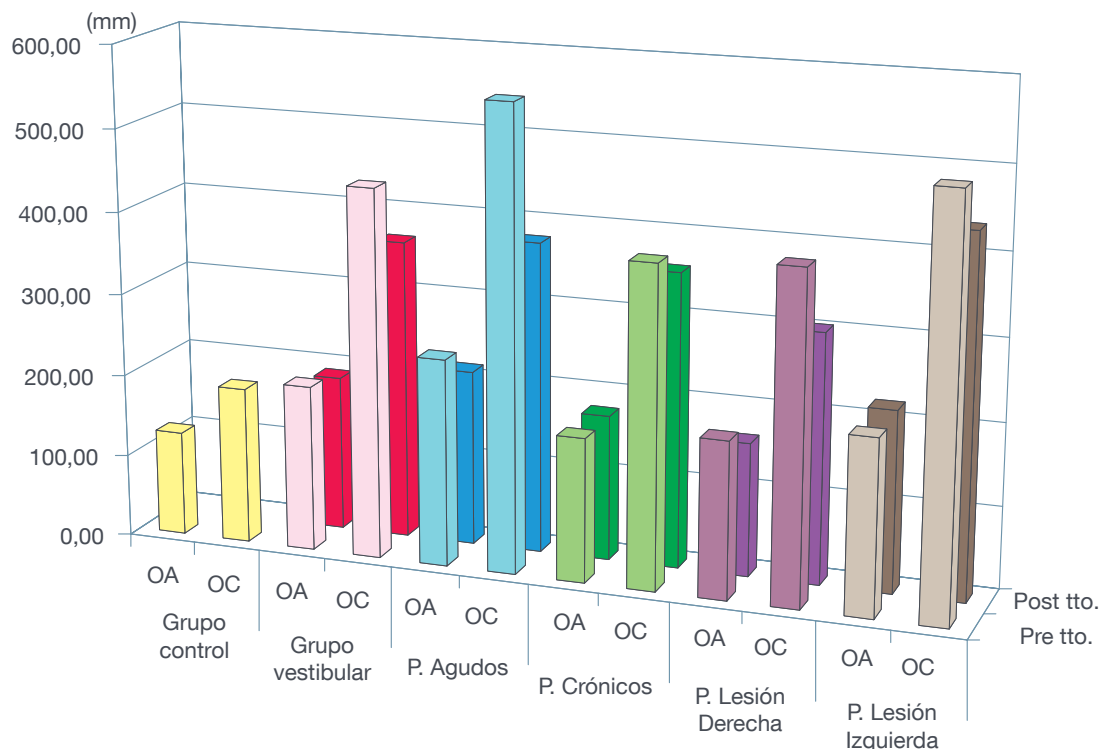


Figura 22. Valores de la longitud del estatocinesigrama (mm), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

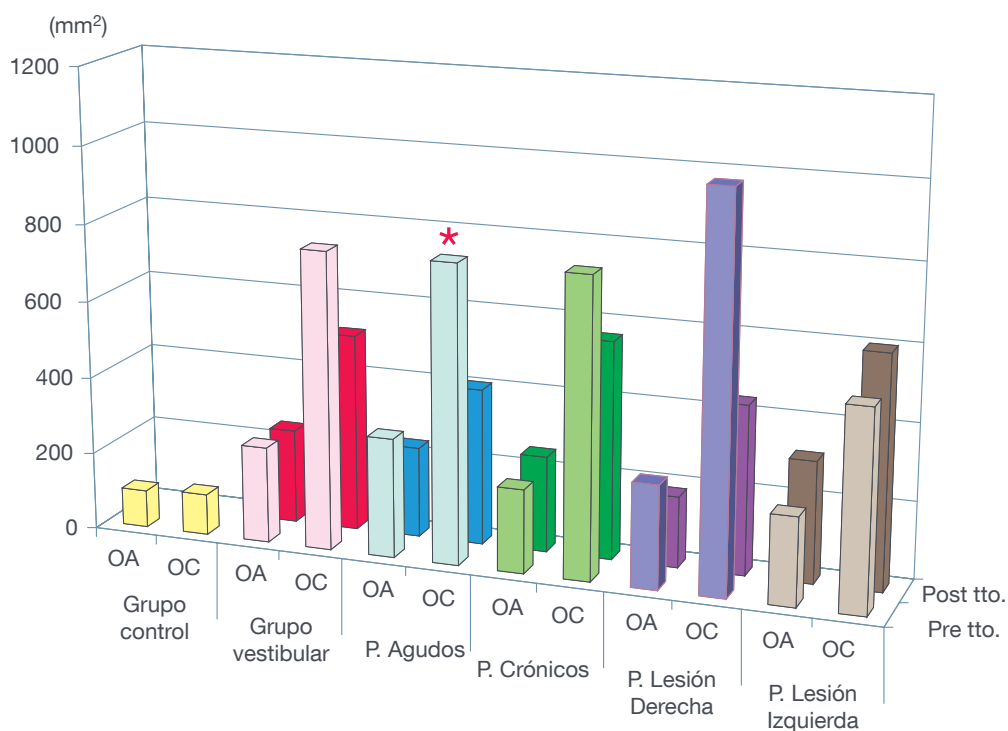


Figura 23. Valores de la superficie del estatocinesigrama (mm²), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

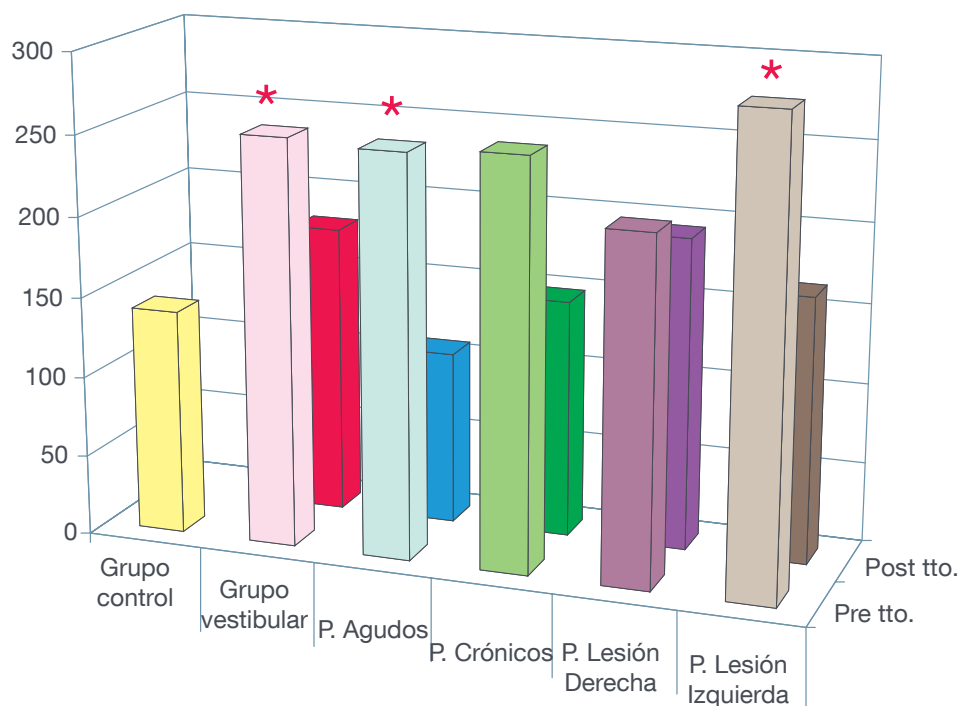


Figura 24. Valores del cociente Romberg, en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

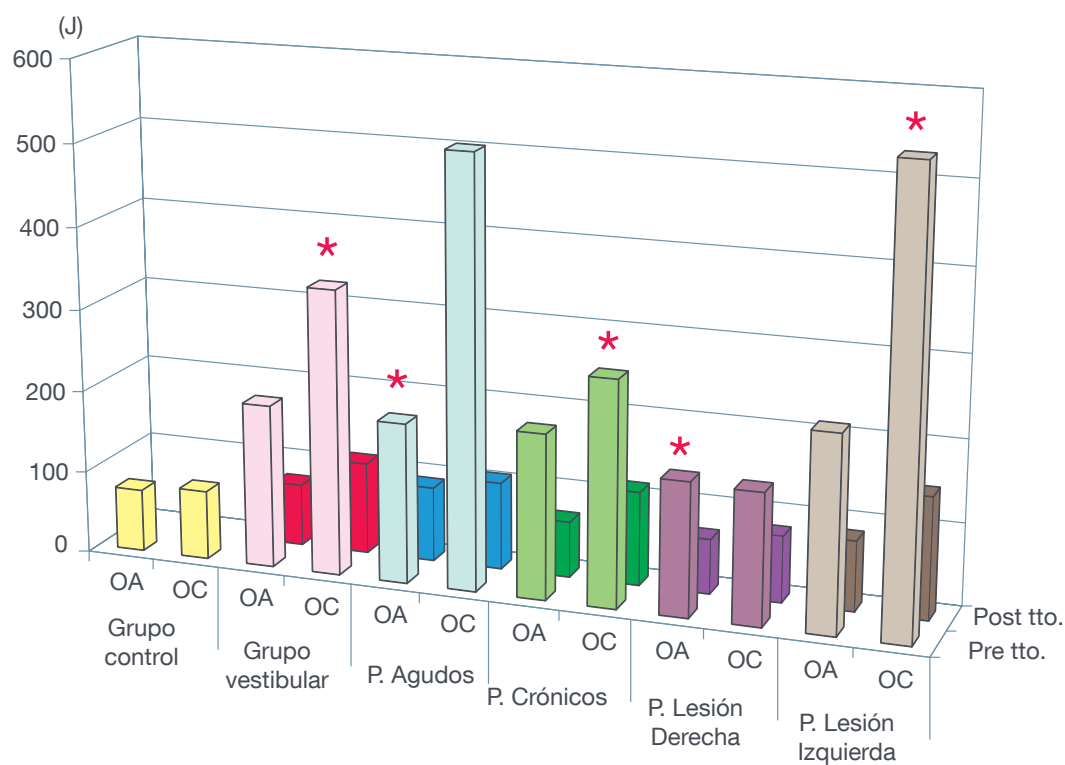


Figura 25. Valores de la energía en el eje X (J), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

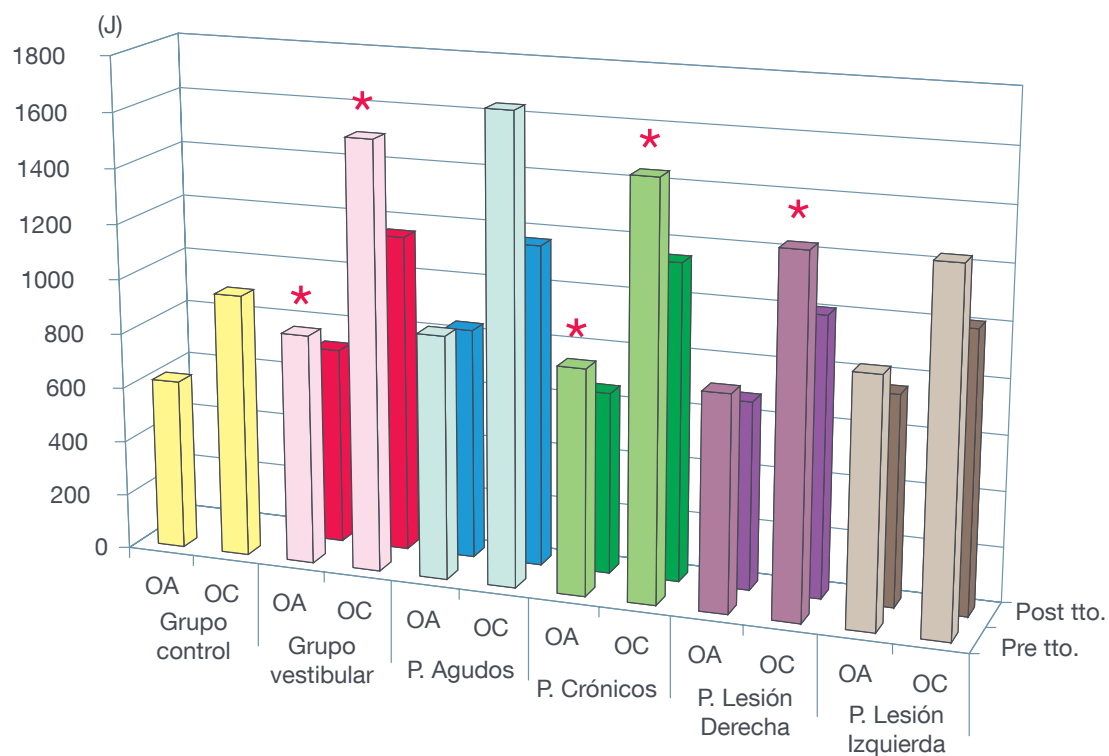


Figura 26. Valores de la energía en el eje Y (J), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

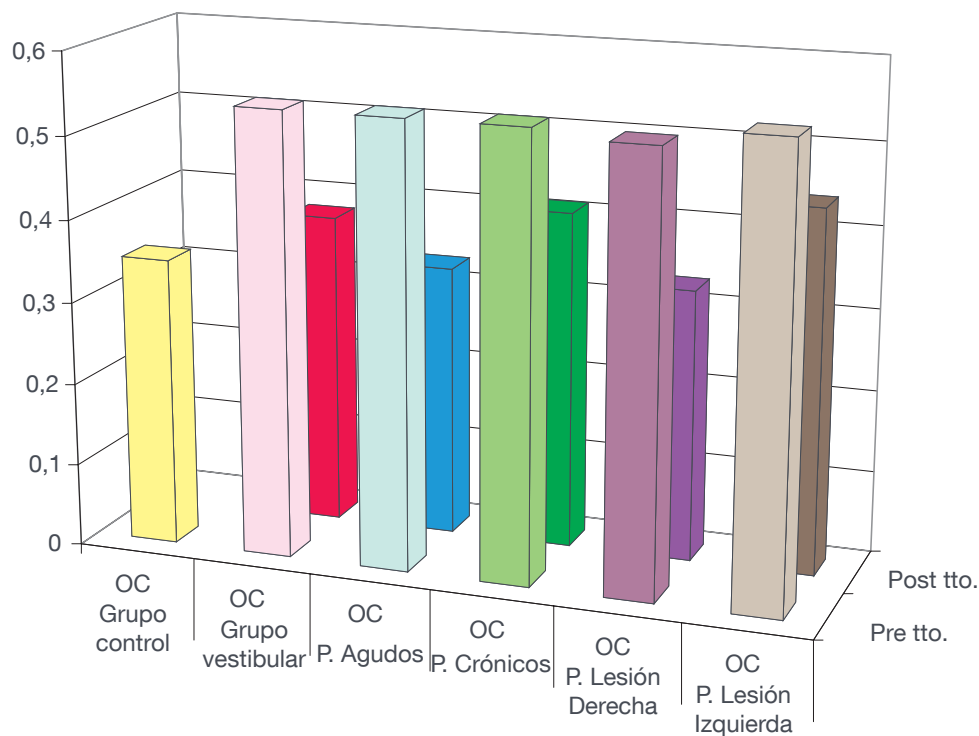


Figura 27. Valores de la ganancia en el eje X, obtenidos en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

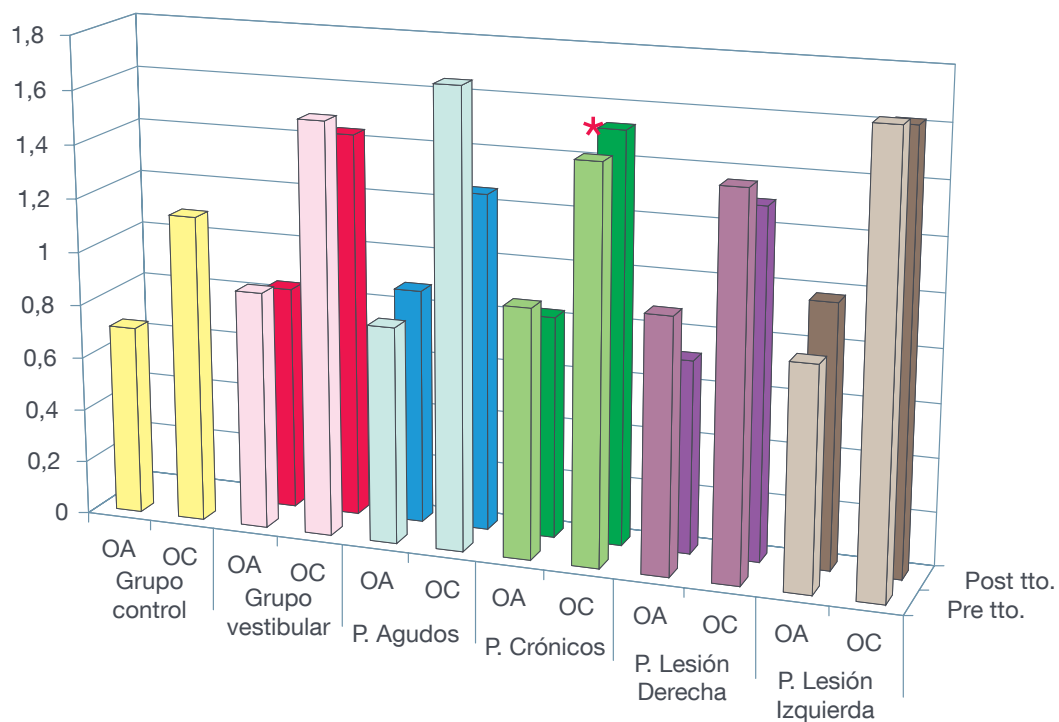


Figura 28. Valores de la ganancia en el eje Y, obtenidos en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

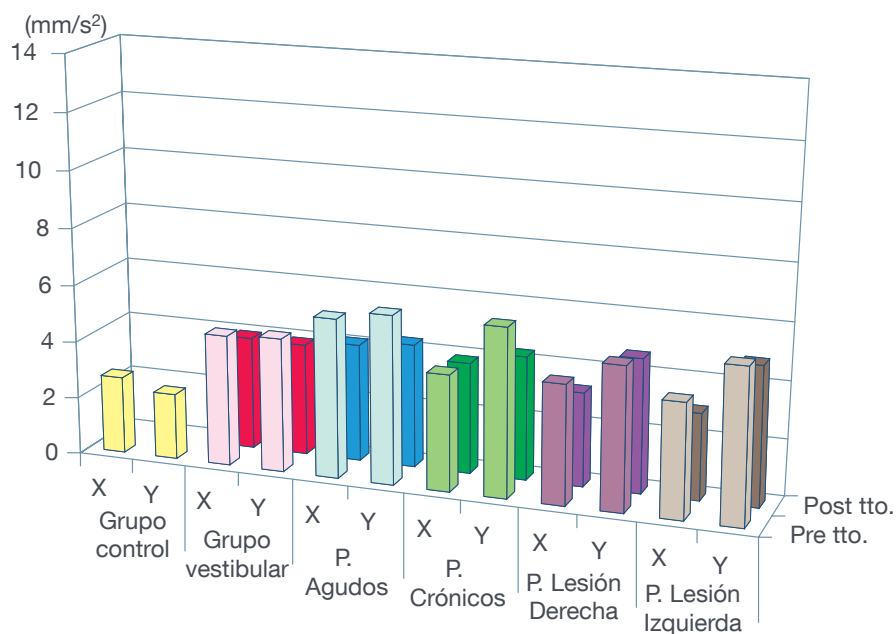


Figura 29. Valores de la aceleración máxima (mm/s²) en los ejes X e Y, obtenidos con ojos abiertos (OA), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

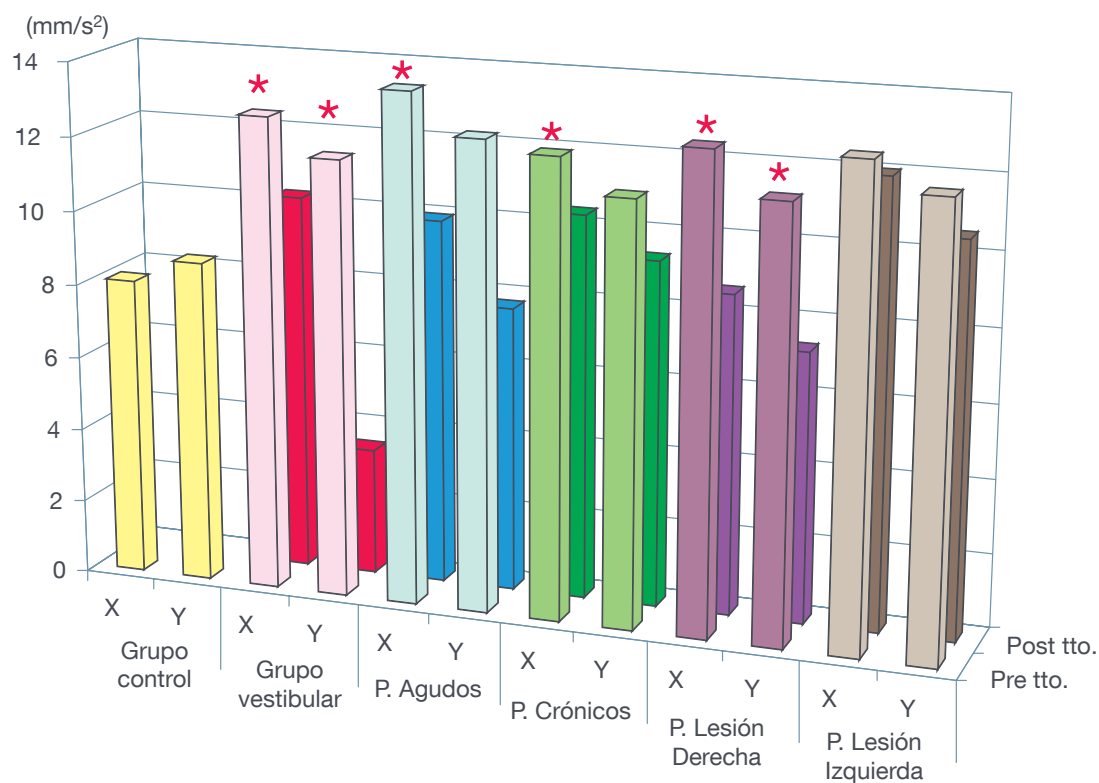


Figura 30. Valores de la aceleración máxima (mm/s^2) en los ejes X e Y, obtenidos con los ojos cerrados (OC), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

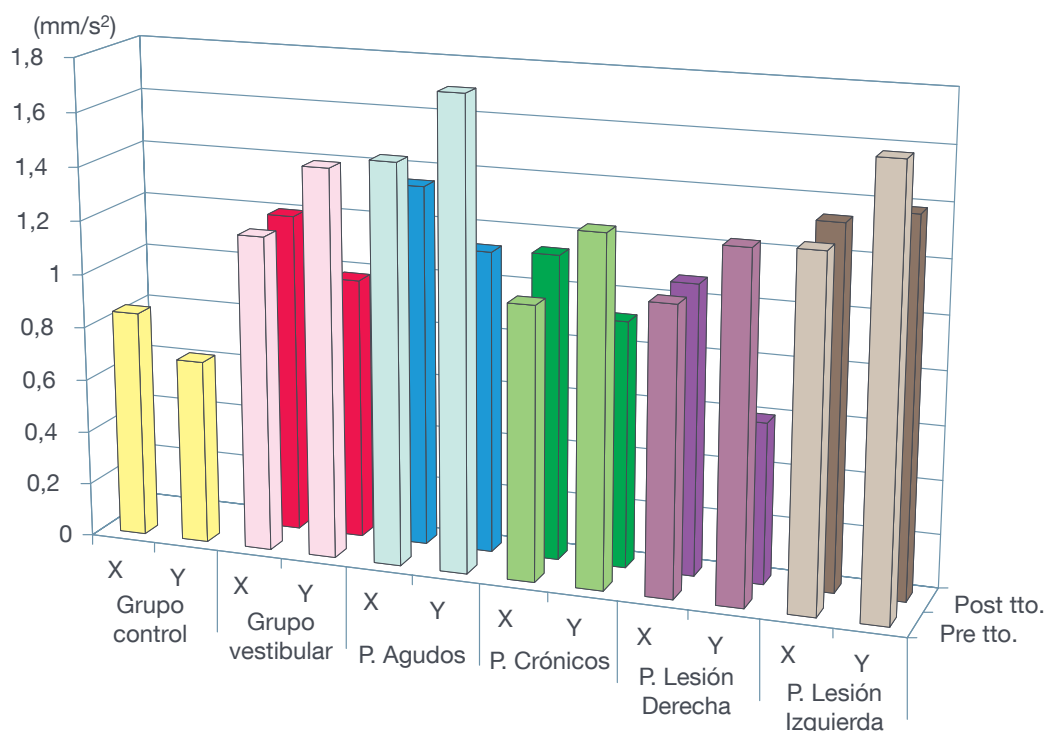


Figura 31. Valores de la aceleración media (mm/s^2) en los ejes X e Y, obtenidos con ojos abiertos (OA), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

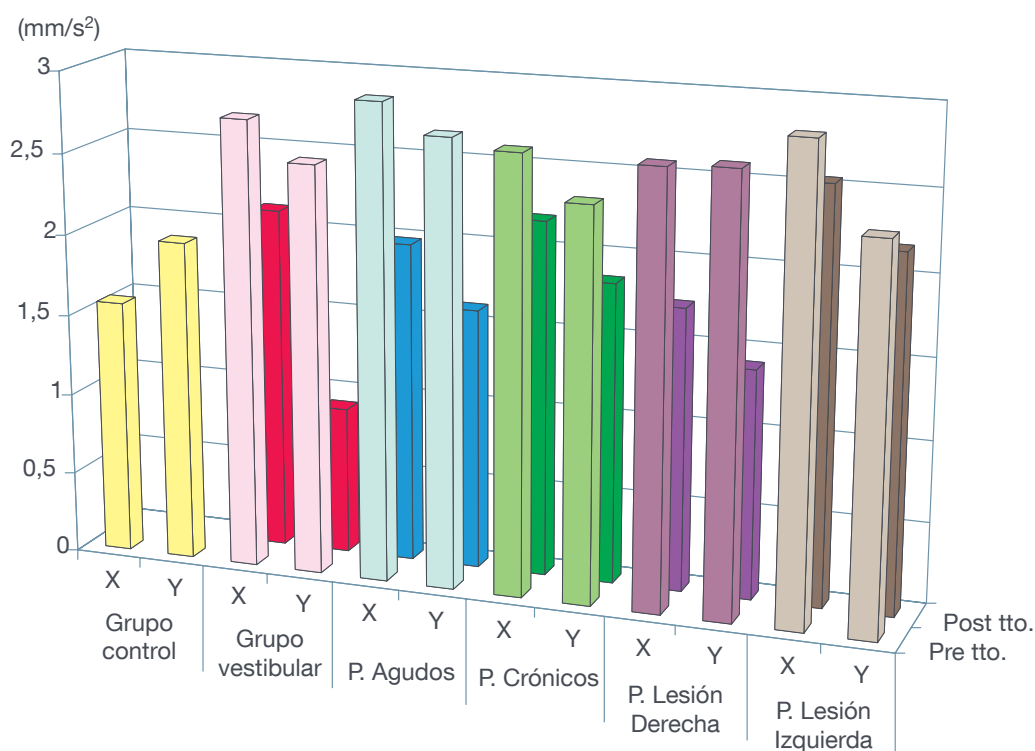


Figura 32. Valores de la aceleración media (mm/s²) en los ejes X e Y, obtenidos con los ojos cerrados (OC), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

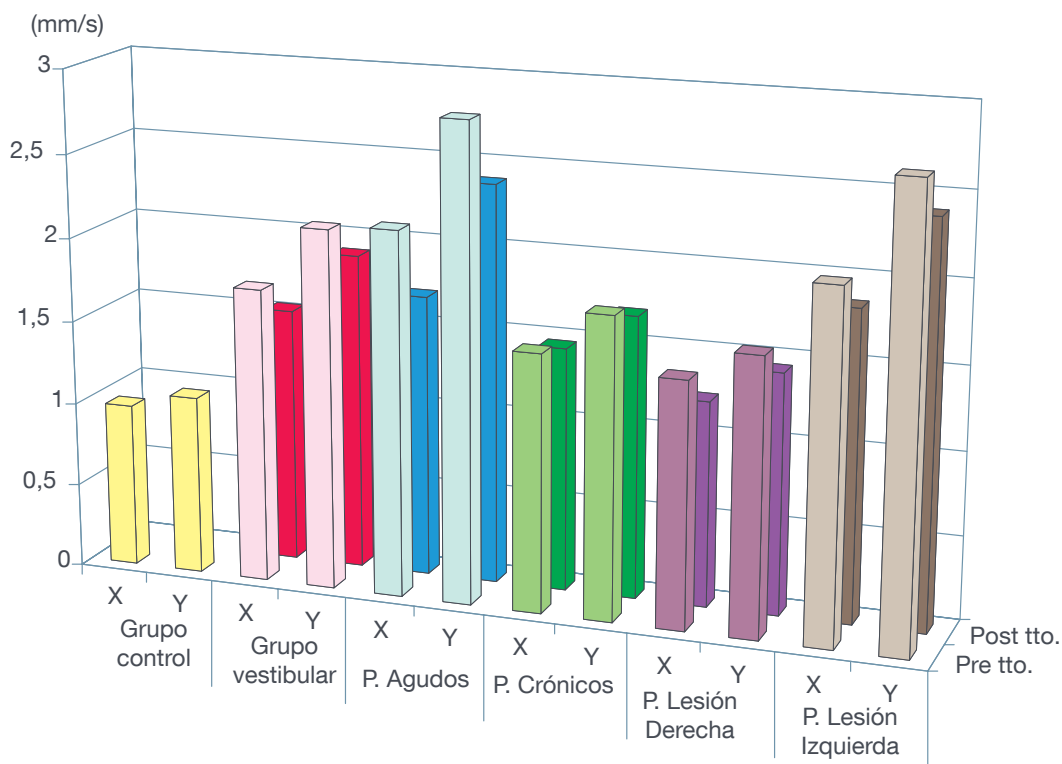


Figura 33. Valores de la velocidad media (mm/s), obtenidos con los ojos abiertos (OA), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

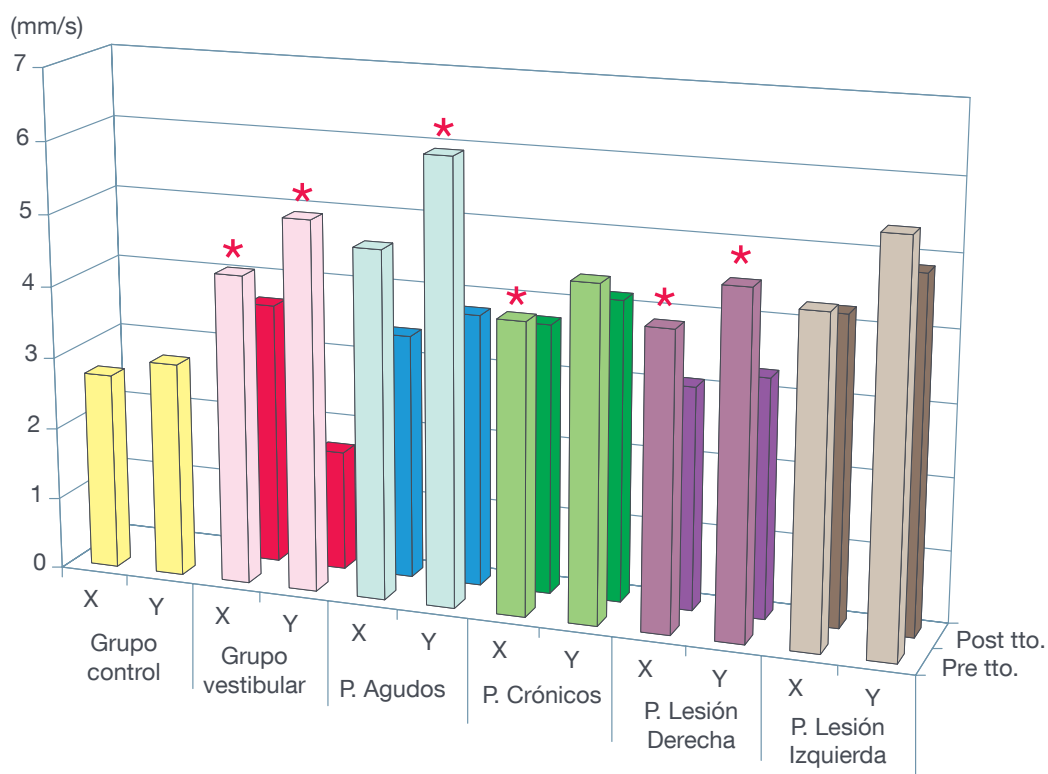


Figura 34. Valores de la velocidad media (mm/s), obtenidos con los ojos cerrados (OC), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

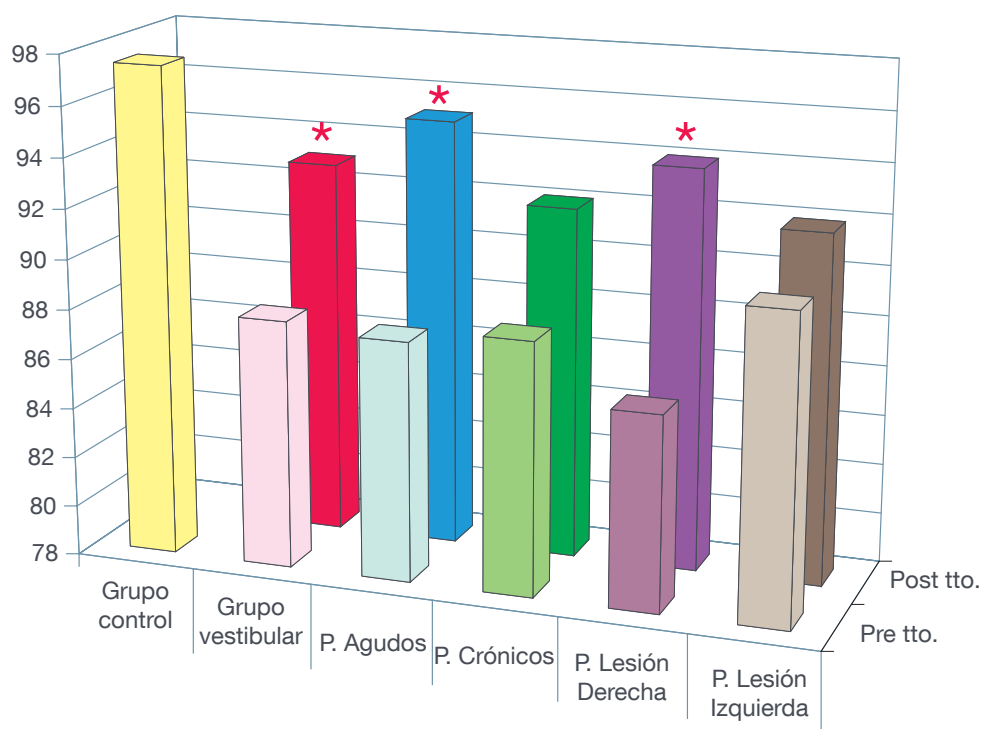


Figura 35. Participación del componente somestésico en el eje X (%), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

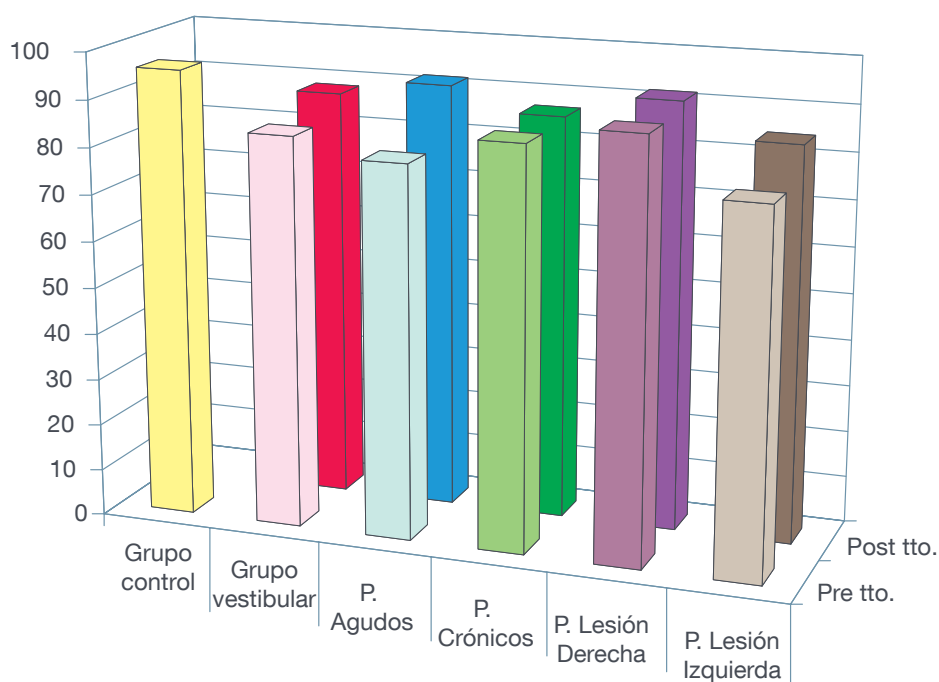


Figura 36. Participación del componente somestésico en el eje Y (%), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

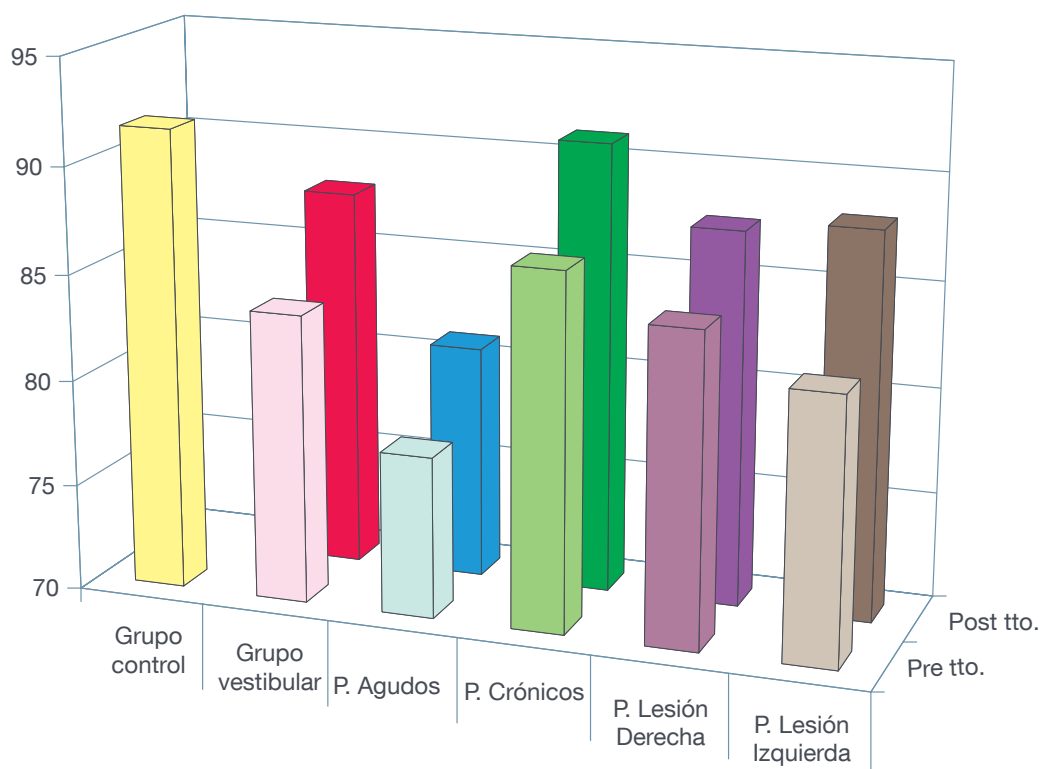


Figura 37. Participación del componente visual en el eje X (%), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

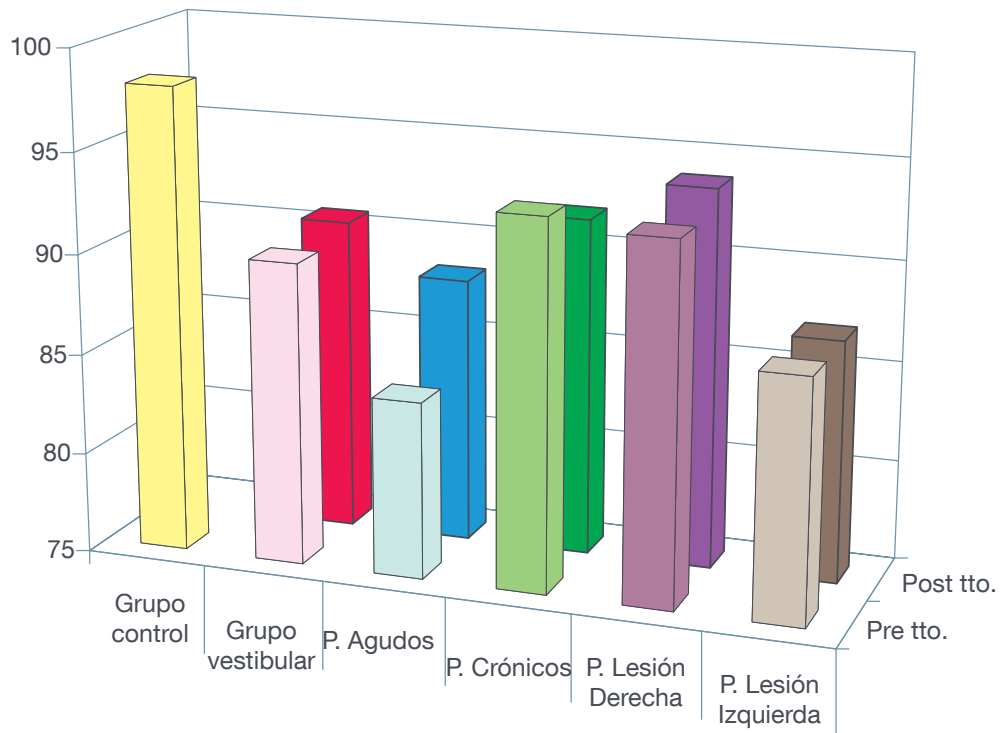


Figura 38. Participación del componente visual en el eje Y (%), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

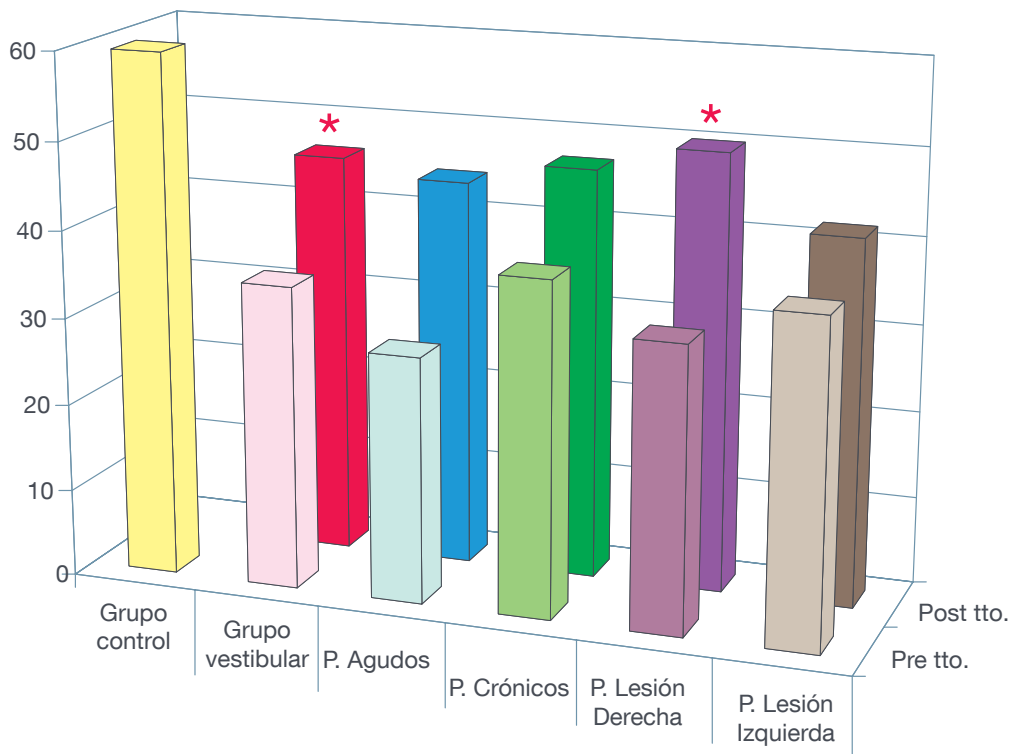


Figura 39. Participación del componente vestibular en el eje X (%), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

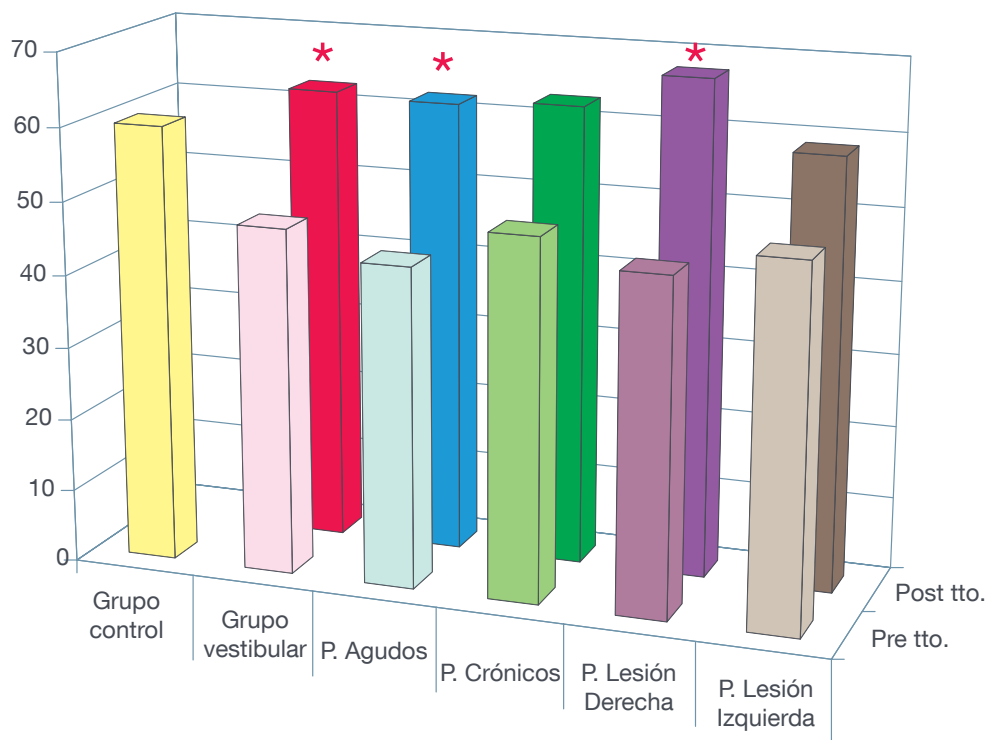


Figura 40. Participación del componente vestibular en el eje Y (%), en el GC y antes y después del tratamiento: en el grupo vestibular, en el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo.

Resultados de las pruebas de percepción de la orientación

Comparación de los valores obtenidos en la percepción de la vertical subjetiva en el grupo vestibular y en el pequeño grupo vestibular gafas antes del tratamiento y del grupo control

			Grupo vestibular					Grupo control	
			Pre tto						
			Media	DS				Media	DS
GV01	OD	agudo	-0,3	0,8	C1			-1,1	0,5
GV02	OI	agudo	1,8	1,1	C2			-1,0	0,8
GV03	OI	agudo	-3,2	0,9	C3			1,8	1,1
GV04	OD	agudo	3,9	1,5	C4			-0,5	0,6
GV05	OI	cronico	-10,4	0,9	C5			-0,8	0,7
GV06	OD	cronico	0,7	1,0	C6			2,3	0,4
GV07	OI	cronico	-1,3	1,5	C7			-0,2	0,7
GV08	OD	agudo	-2,0	0,9	C8			-3,2	0,6
GV09	OD	agudo	-2,8	1,5	C9			2,1	0,7
GV10	OD	cronico	-2,4	1,8	C10			-0,8	1,4
GV11	OI	cronico	-5,9	1,1	C11			1,6	0,7
GV12	OD	cronico	-0,6	0,9	C12			-0,5	0,4
GV13	OD	cronico	-2,4	0,7	C13			-1,4	0,6
GV14	OD	agudo	-1,4	1,9	C15			-3,6	0,8
GV15	OI	cronico	0,3	1,0	C16			-1,7	0,6
GV16	OD	agudo	-0,1	1,1	C18			-2,4	0,5
GV17	OD	cronico	-1,5	0,9	C19			-2,9	1,1
GV18	OI	cronico	-2,7	0,8	C20			0,0	1,2
GV19	OI	agudo	-4,4	1,1	C21			-1,4	0,5
GV20	OD	agudo	1,3	0,4	C22			1,8	0,8
GV21	OI	cronico	0,1	0,6	C23			-0,3	1,1
GV22	OI	cronico	-0,7	2,5	C24			-0,3	1,1
GV23	OI	agudo	-3,0	1,1	C25			-2,0	0,6
GV24	OD	cronico	0,7	0,9	C26			-2,9	0,9
GV25	OI	cronico	-0,8	0,6	C28			-7,1	1,4
GV26	OD	cronico	-0,2	1,8	C29			-1,2	0,4
GV27	OD	cronico	-0,2	1,3	C30			0,1	0,6
GV28	OD	cronico	-1,6	0,8	C31			-0,3	0,9
GV29	OI	cronico	-1,1	2,2	C32			-1,3	0,8
GV30	OD	cronico	0,1	0,6	C33			-1,3	1,0
GV31	OI	cronico	-0,6	0,6					
GV33	OD	agudo	2,2	1,2					
GV34	OD	cronico	-0,2	0,6					
gafas35	OI	agudo	0,8	0,8					
gafas36	OI	cronico	-0,9	0,7					
gafas37	OI	cronico	-2,0	0,7					
gafas38	OD	cronico	-1,5	0,6					

Tabla 59. Vertical subjetiva del grupo control y del GV antes del tratamiento. Se especifica para cada sujeto del GV el lado en lesión y el tiempo de evolución. Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la vertical objetiva y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la vertical objetiva.

	Grupo vestibular		P. agudos		P. crónicos		P. lesión dcha		P. lesión izda		Grupo control	
	Pre tto											
	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Error constante	-1,1	2,4	-0,9	2,2	-1,2	2,5	-0,4	1,7	-1,9	2,9	-0,9	1,9
Error variable	1,1	0,5	1,1	0,4	1,1	0,5	1,1	0,4	1,1	0,5	0,8	0,3

Tabla 60. Valores del error constante y error variable en la percepción de la vertical subjetiva del grupo vestibular y de cada uno de los subgrupos, antes del tratamiento, así como del grupo control. Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la vertical objetiva y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la vertical.

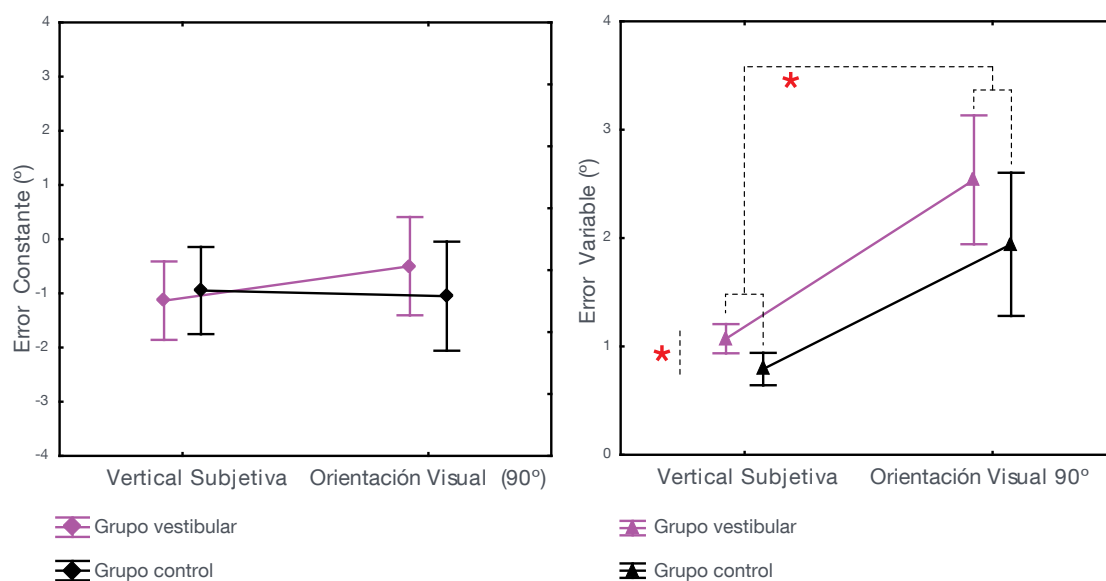


Figura 41. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, de los grupos vestibular y control antes del tratamiento. El grupo vestibular se representa con color rosa, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un rombo. El error variable se representa con un triángulo.

Comparación de los valores obtenidos en la percepción de la vertical subjetiva en los diferentes subgrupos y en el grupo control antes del tratamiento

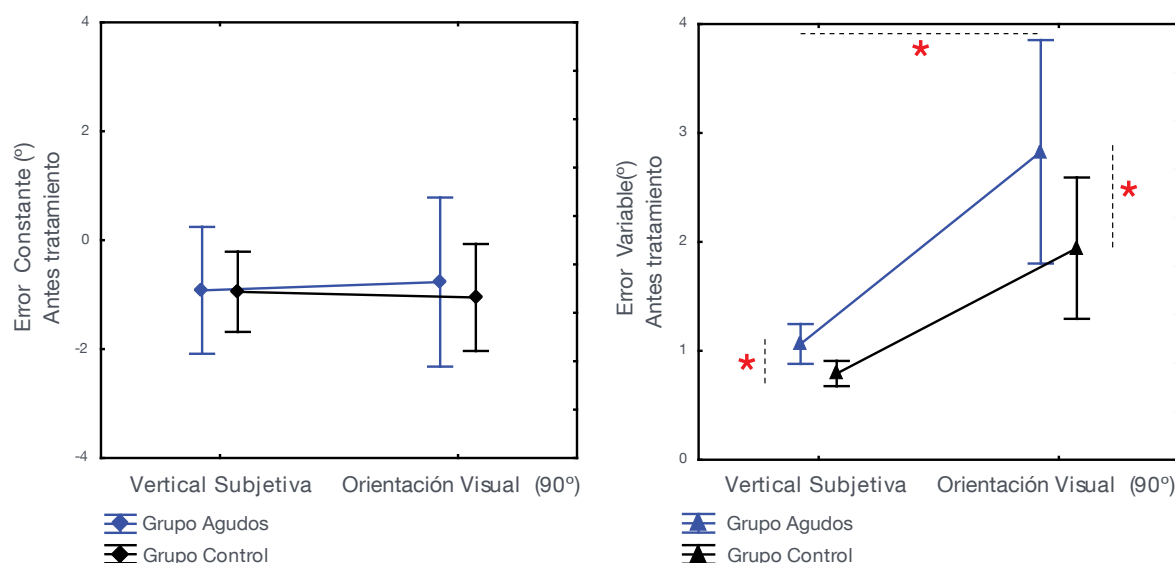


Figura 42. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, en el subgrupo de casos agudos y en el grupo control antes del tratamiento. El subgrupo de casos agudos se representa con color azul, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un rombo. El error variable se representa con un triángulo.

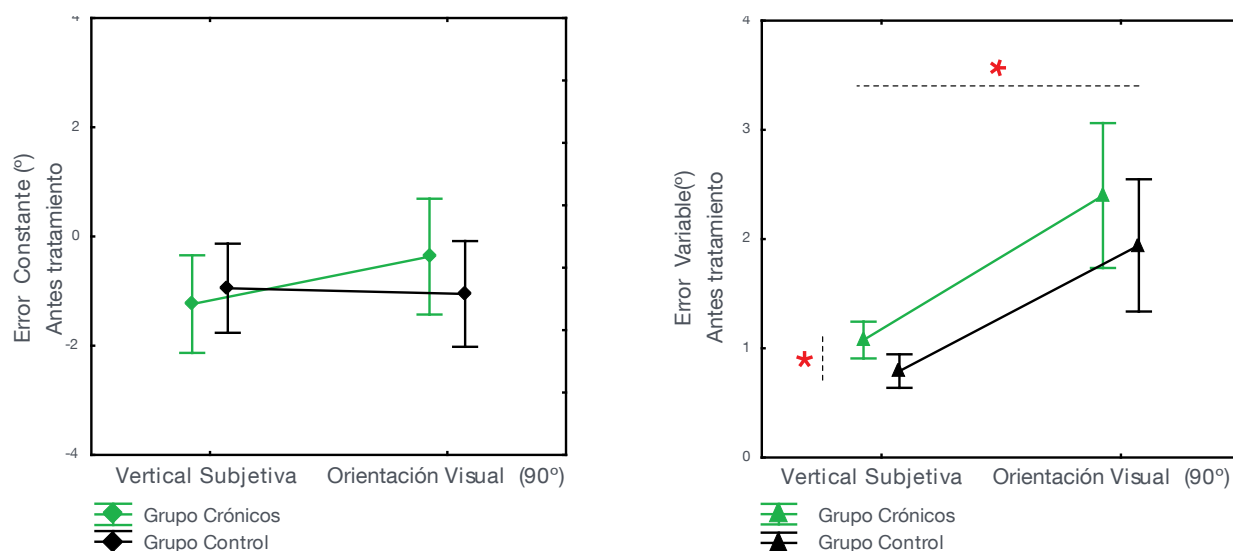


Figura 43. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, en el subgrupo de casos crónicos y en el grupo control antes del tratamiento. El subgrupo de casos crónicos se representa con color verde, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un rombo. El error variable se representa con un triángulo.

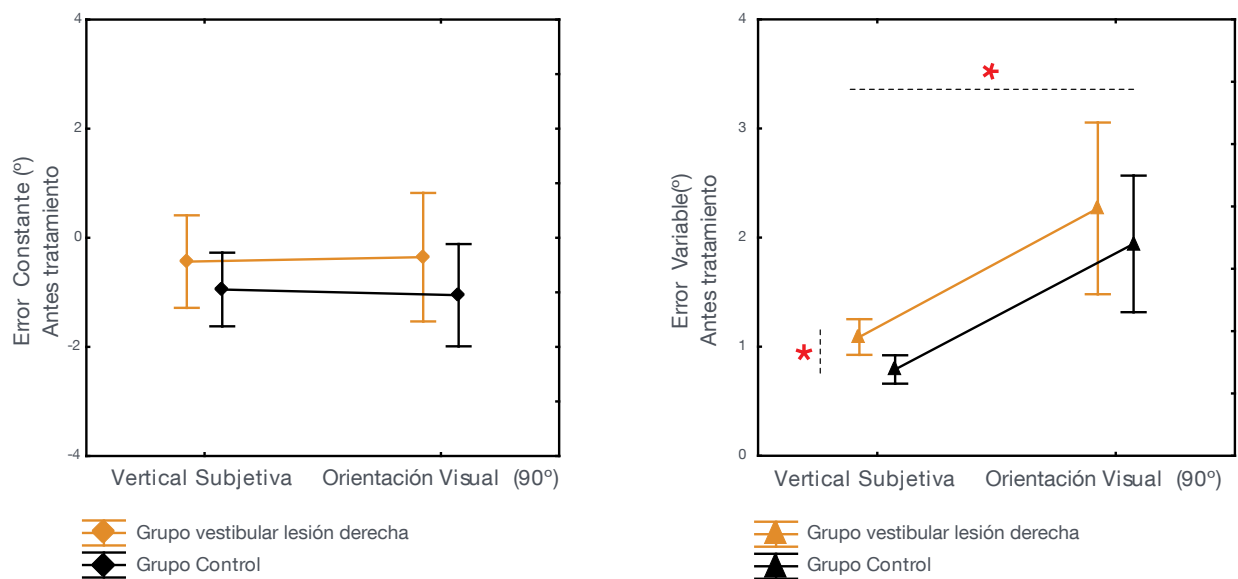


Figura 44. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho y en el grupo control antes del tratamiento. El subgrupo de casos con lesión derecha se representa con color naranja, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un rombo. El error variable se representa con un triángulo.

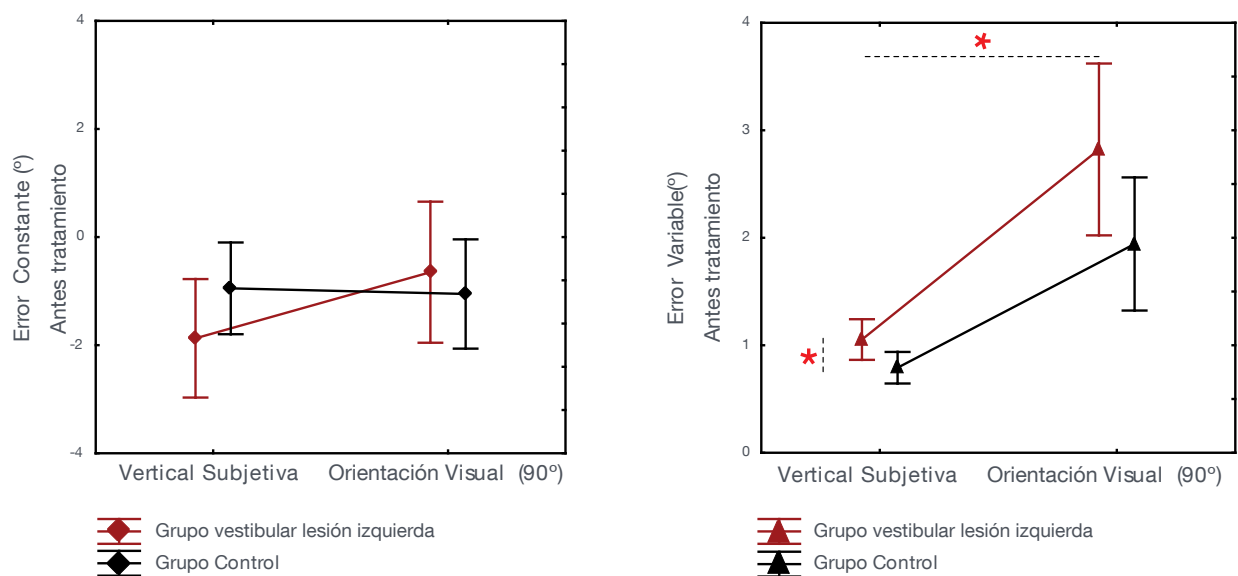


Figura 45. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, en el subgrupo de casos con lesión en el lado izquierdo y en el grupo control antes del tratamiento. El subgrupo de casos con lesión izquierda se representa con color marrón, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un rombo. El error variable se representa con un triángulo.

Comparación de los valores obtenidos en la percepción de la vertical subjetiva en el grupo vestibular y en el pequeño grupo vestibular gafas antes y después de tratamiento

			Grupo vestibular		Grupo control	
			Post tto			
			Media	DS	Media	DS
GV01	OD	agudo	1,0	0,9	C1	-1,1
GV02	OI	agudo	3,0	0,8	C2	-1,0
GV03	OI	agudo	-1,0	1,2	C3	1,8
GV04	OD	agudo	2,0	1,7	C4	-0,5
GV05	OI	cronico	-7,8	0,8	C5	-0,8
GV06	OD	cronico	-0,3	0,8	C6	2,3
GV07	OI	cronico	-3,5	0,7	C7	-0,2
GV08	OD	agudo	*	*	C8	-3,2
GV09	OD	agudo	-1,6	2,1	C9	2,1
GV10	OD	cronico	-0,7	0,6	C10	-0,8
GV11	OI	cronico	-3,6	1,3	C11	1,6
GV12	OD	cronico	0,7	0,6	C12	-0,5
GV13	OD	cronico	-0,6	0,7	C13	-1,4
GV14	OD	agudo	-1,7	0,8	C15	-3,6
GV15	OI	cronico	-2,7	0,8	C16	-1,7
GV16	OD	agudo	0,3	0,8	C18	-2,4
GV17	OD	cronico	-1,2	0,5	C19	-2,9
GV18	OI	cronico	-1,7	0,9	C20	0,0
GV19	OI	agudo	-6,7	0,8	C21	-1,4
GV20	OD	agudo	*	*	C22	1,8
GV21	OI	cronico	0,8	1,2	C23	-0,3
GV22	OI	cronico	1,0	1,6	C24	-0,3
GV23	OI	agudo	-4,5	0,8	C25	-2,0
GV24	OD	cronico	0,4	0,8	C26	-2,9
GV25	OI	cronico	-4,5	1,2	C28	-7,1
GV26	OD	cronico	*	*	C29	-1,2
GV27	OD	cronico	-0,5	2,1	C30	0,1
GV28	OD	cronico	*	*	C31	-0,3
GV29	OI	cronico	0,9	3,2	C32	-1,3
GV30	OD	cronico	1,9	1,4	C33	-1,3
GV31	OI	cronico	-5,5	0,7		
GV33	OD	agudo	1,9	1,2		
GV34	OD	cronico	3,7	1,0		
gafas35	OI	agudo	*	*		
gafas36	OI	cronico	-1,0	0,8		
gafas37	OI	cronico	-1,1	1,2		
gafas38	OD	cronico	3,2	0,6		

Tabla 61. Vertical subjetiva del grupo control y del GV después del tratamiento. Se especifica para cada sujeto del GV el lado en lesión y el tiempo de evolución. Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la vertical objetiva y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la vertical objetiva.

	Grupo vestibular		P. agudos		P. crónicos		P. lesión dcha		P. lesión izda		Grupo control	
	Post tto											
	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	DS
Error constante	-0,9	2,8	-1,0	3,1	-0,9	2,8	-0,4	2,8	-2,1	3,1	-0,9	1,9
Error variable	1,1	0,5	1,0	0,4	1,1	0,6	2,3	2,1	1,1	0,6	0,8	0,3

Tabla 62. Valores del error constante y error variable en la percepción de la vertical subjetiva del grupo vestibular y de cada uno de los subgrupos, después del tratamiento, así como del grupo control. Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la vertical objetiva y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la vertical objetiva.

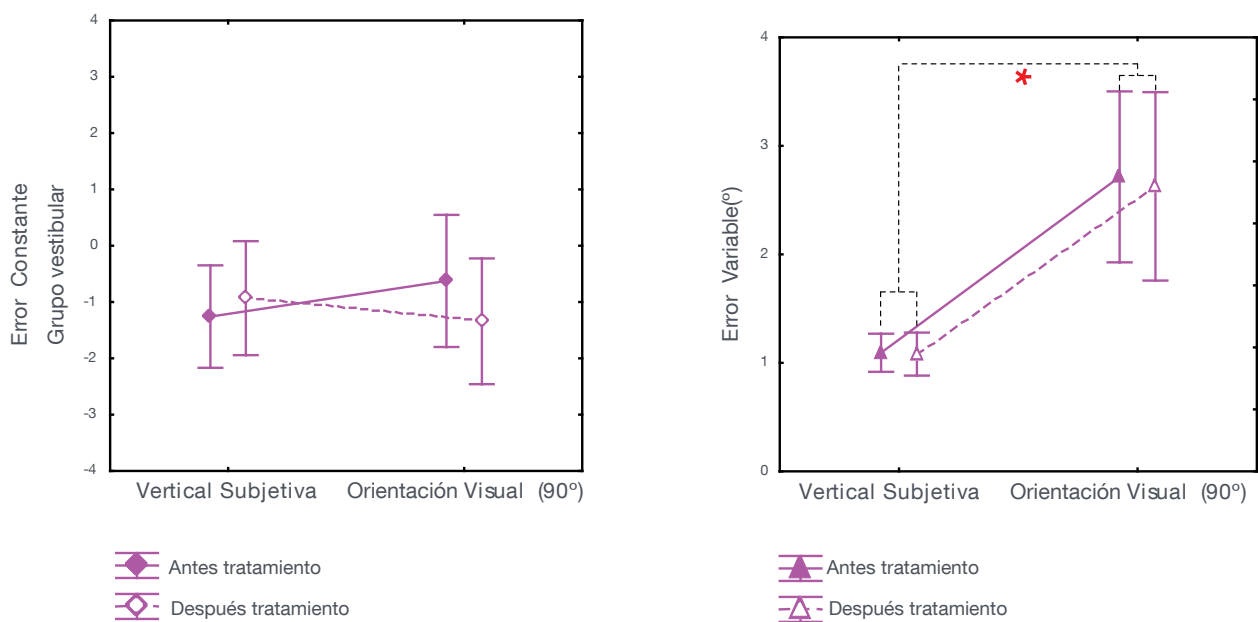


Figura 46. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, de los grupos vestibular y control, antes y después del tratamiento. Color rosa: grupo vestibular. Color negro: grupo control. Rombo: error constante. Triángulo: error variable. Antes del tratamiento: forma con relleno. Después de tratamiento: forma sin relleno.

Comparación de los valores obtenidos en la percepción de la vertical subjetiva en los diferentes subgrupos antes y después del tratamiento

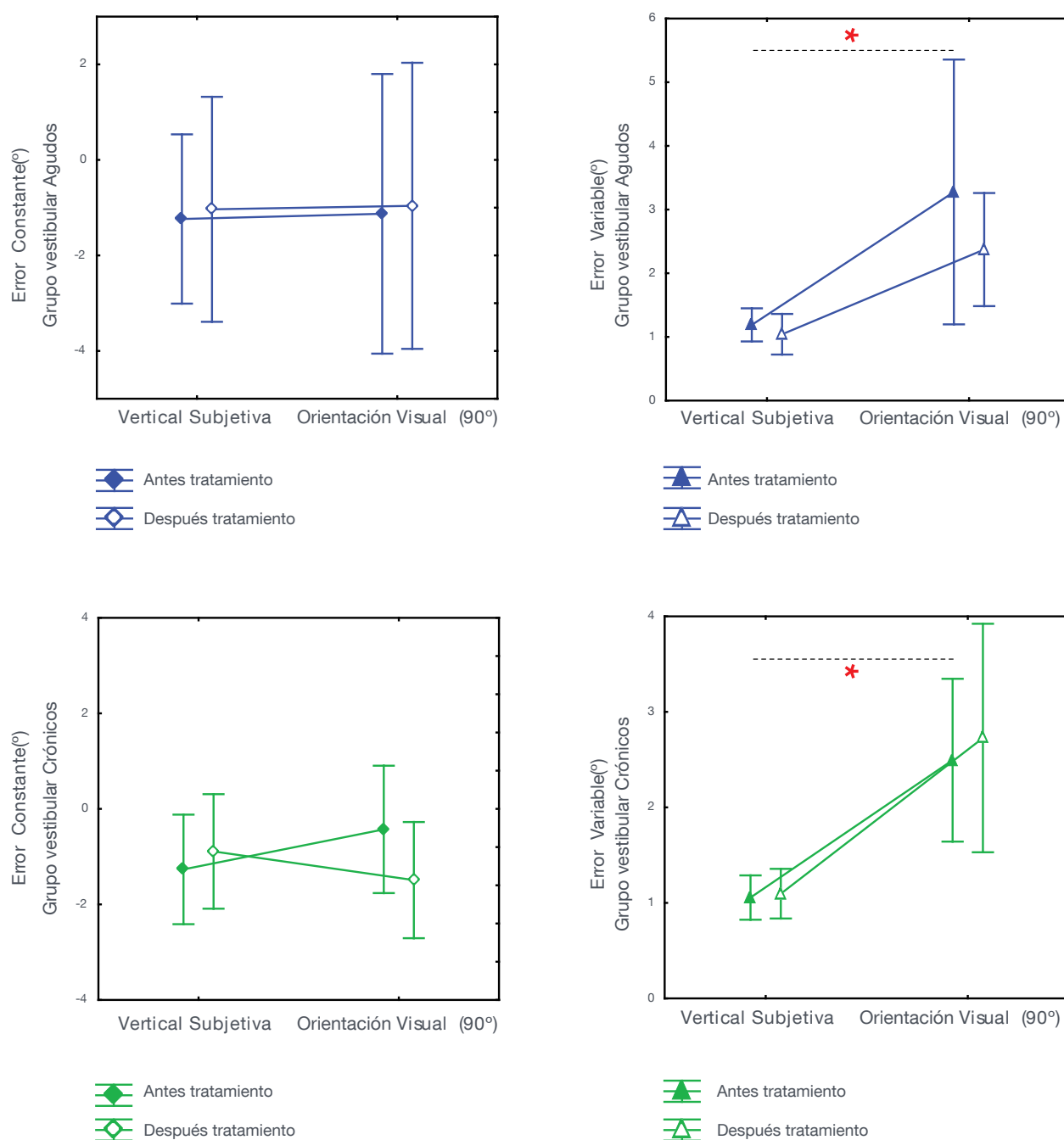


Figura 47. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, de los grupos vestibular, antes y después del tratamiento, diferenciando entre sujetos agudos y crónicos. Color azul: sujetos agudos. Color verde: sujetos crónicos. Rombo: error constante. Triángulo: error variable. Antes del tratamiento: forma con relleno. Después de tratamiento: forma sin relleno.

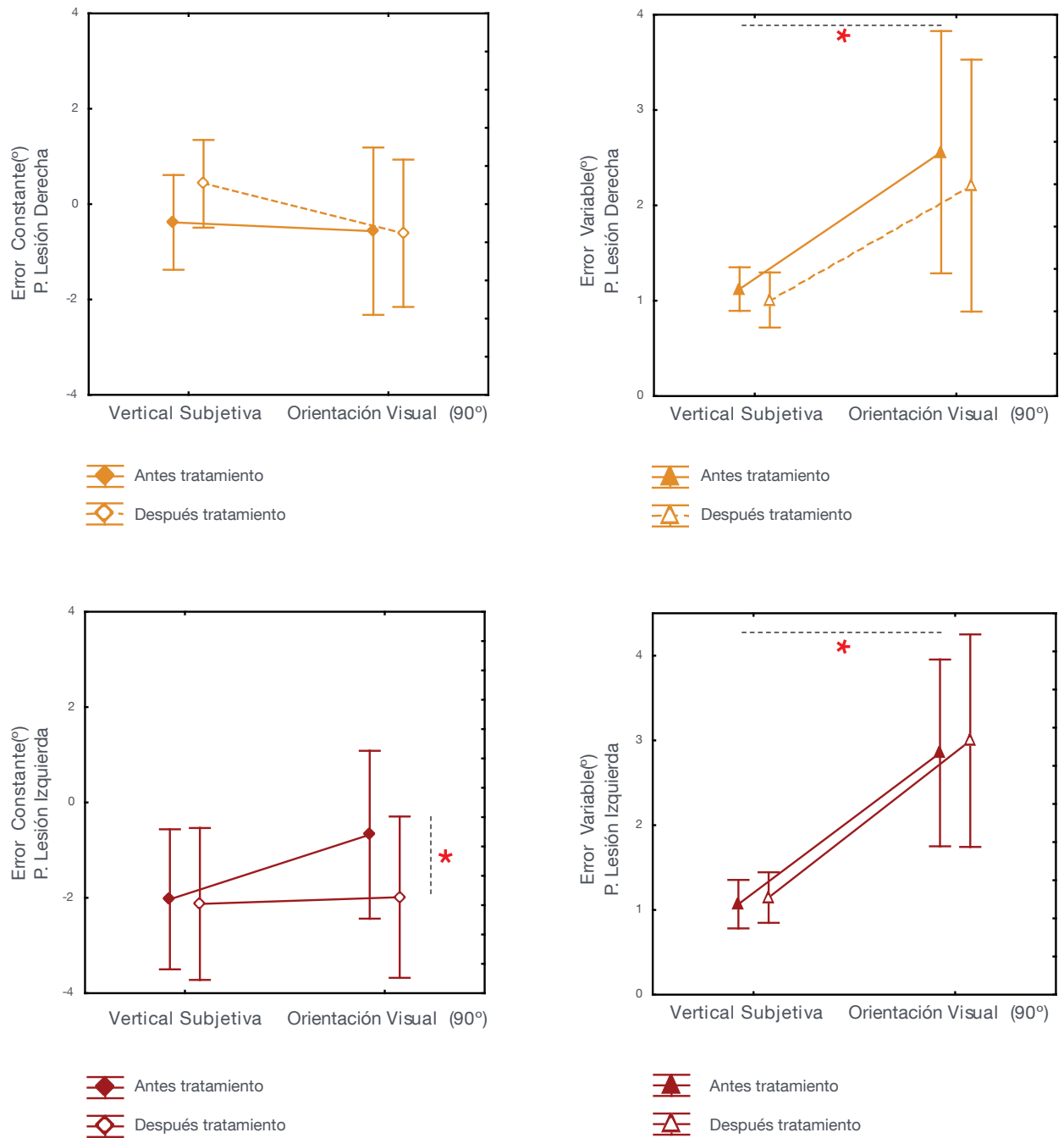


Figura 48. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, de los grupos vestibular, antes y después del tratamiento, diferenciando entre sujetos con lesión en el lado derecho o con lesión en el lado izquierdo. Color naranja: sujetos con lesión en lado derecho. Color marrón: sujetos con lesión en el lado izquierdo. Rombo: error constante. Triángulo: error variable. Antes del tratamiento: forma con relleno. Después de tratamiento: forma sin relleno.

Comparación de los valores obtenidos en la percepción de la vertical subjetiva en el grupo vestibular y en el pequeño grupo vestibular gafas después del tratamiento y en el grupo control

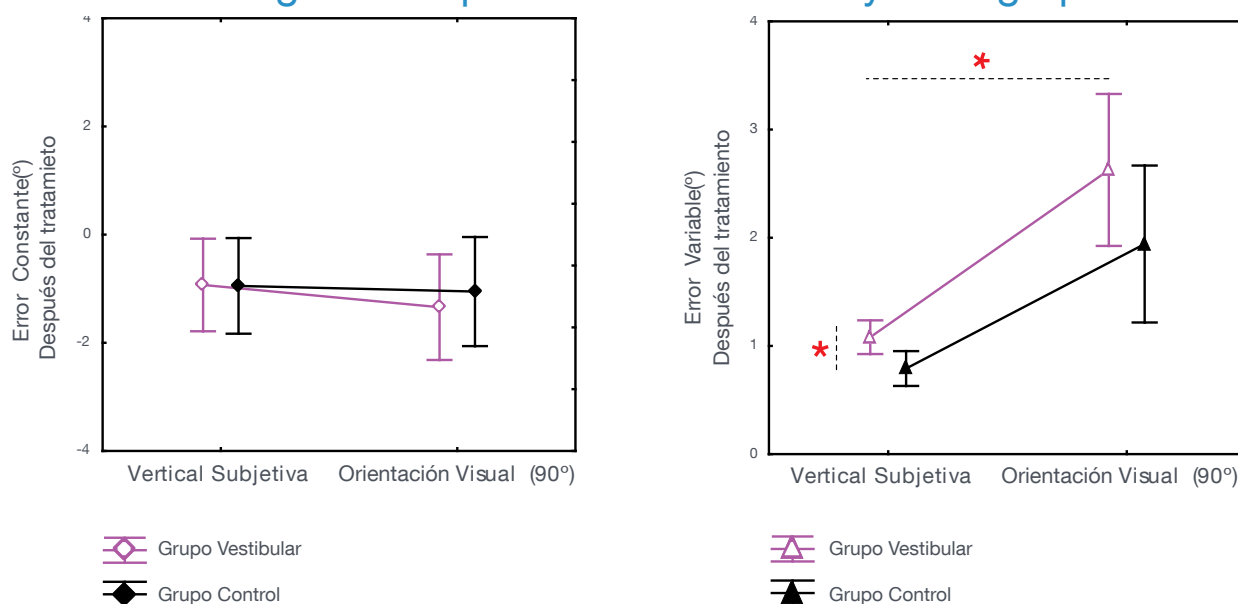


Figura 49. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, de los grupos vestibular y control después del tratamiento. El grupo vestibular se representa con color rosa, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un rombo. El error variable se representa con un triángulo.

Comparación de los valores obtenidos en la percepción de la vertical subjetiva en los diferentes subgrupos y en el grupo control después del tratamiento

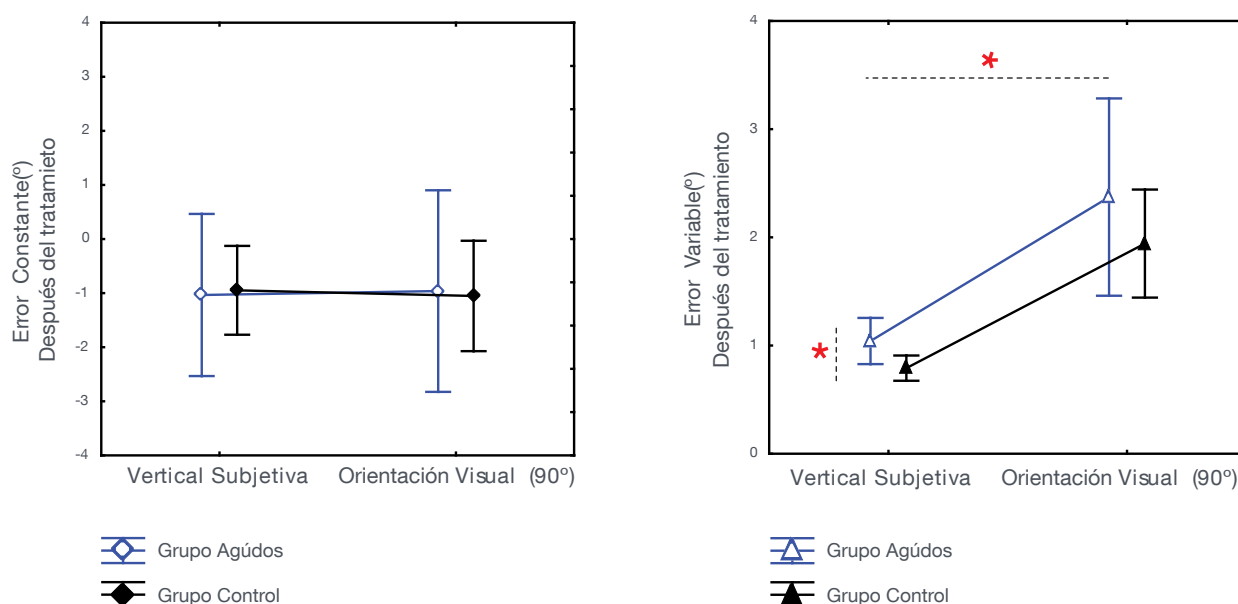


Figura 50. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, en el subgrupo de casos agudos y en el grupo control después del tratamiento. El subgrupo de casos agudos se representa con color azul, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un rombo. El error variable se representa con un triángulo.

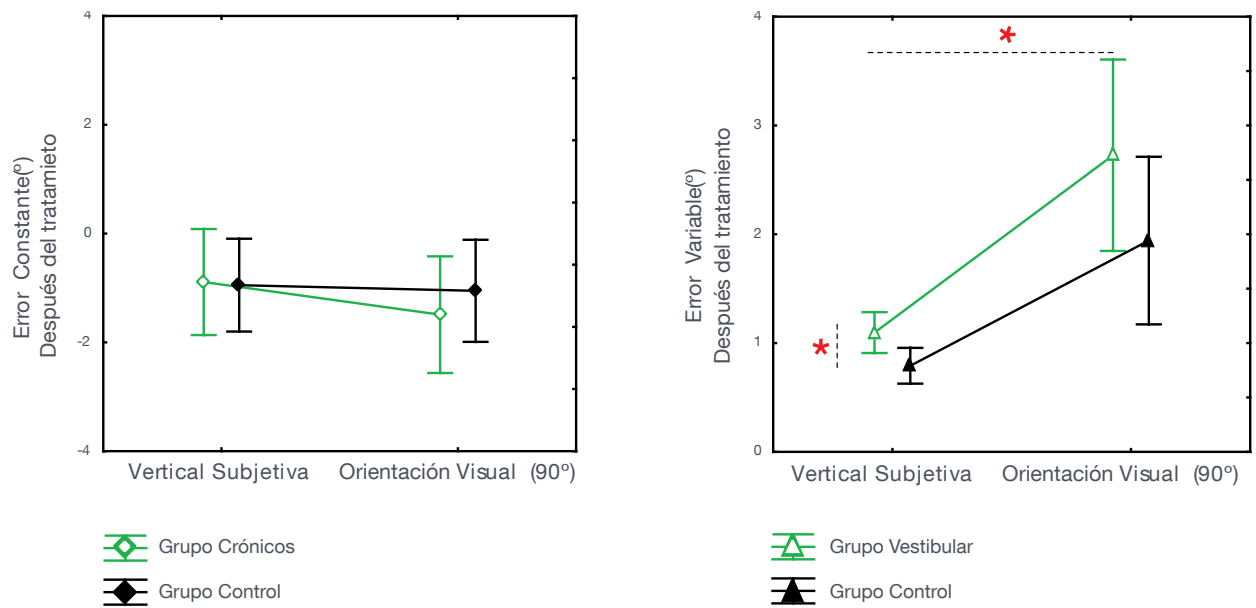


Figura 51. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, en el subgrupo de casos crónicos y en el grupo control después del tratamiento. El subgrupo de casos crónicos se representa con color verde, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un rombo. El error variable se representa con un triángulo.

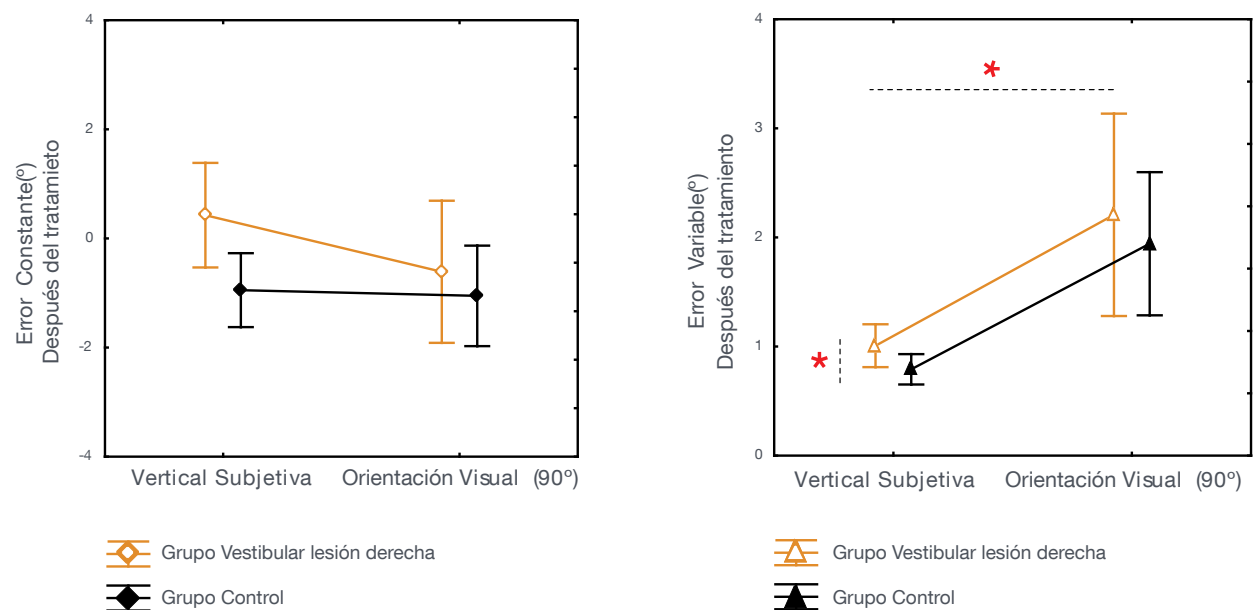
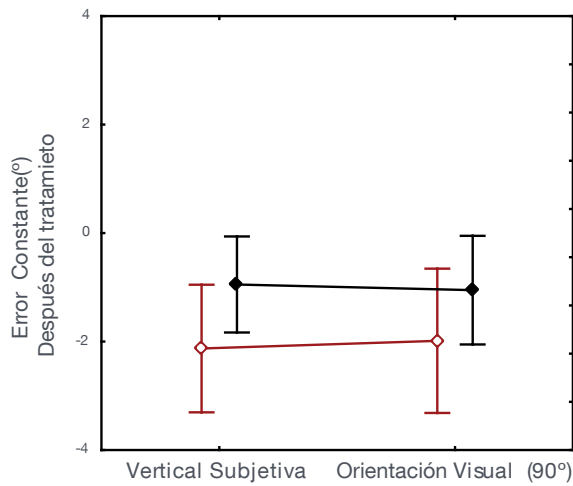


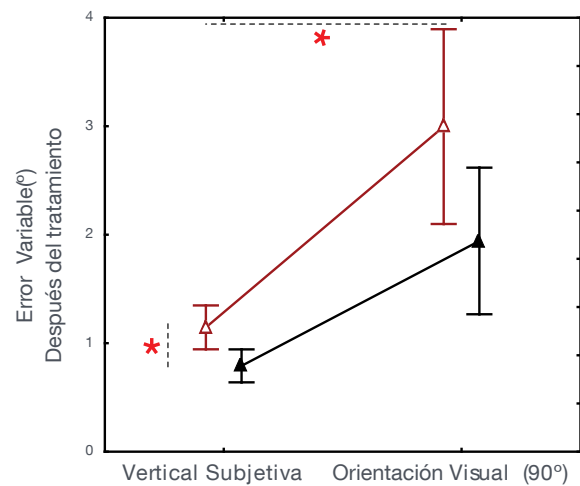


Figura 52. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, en el subgrupo de casos con lesión en el lado derecha y en el grupo control después del tratamiento. El subgrupo de casos con lesión derecha se representa con color naranja, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un rombo. El error variable se representa con un triángulo.



 Grupo Vestibular lesión izquierda
 Grupo Control





 Grupo Vestibular lesión izquierda
 Grupo Control

Figura 53. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en las pruebas de la vertical subjetiva y de orientación visual en el valor angular de 90°, en el subgrupo de casos con lesión en el lado izquierdo y en el grupo control después del tratamiento. El subgrupo de casos con lesión izquierda se representa con color marrón, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un rombo. El error variable se representa con un triángulo.

Comparación de los valores obtenidos en la prueba de percepción de la orientación visual en el grupo vestibular y en el pequeño grupo vestibular gafas antes del tratamiento y en el grupo control

			Orientación visual grupo vestibular pre tto													
			-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
			M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
GV01	OD	agudo	-2,2	2,5	2,0	0,3	3,2	6,7	-2,2	5,2	-7,0	2,4	1,1	1,3	6,1	7,0
GV02	OI	agudo	-6,2	9,5	-0,7	0,8	10,5	1,7	3,2	6,2	-1,8	5,9	3,6	4,7	1,3	5,8
GV03	OI	agudo	-9,0	8,2	-3,9	5,2	-11,8	14,5	-1,5	5,2	-11,1	6,1	0,1	0,9	19,5	8,6
GV04	OD	agudo	12,3	13,2	-0,9	2,3	0,3	6,6	-3,8	4,6	0,6	5,6	0,8	3,0	-3,8	4,2
GV05	OI	cronico	-3,4	7,9	-4,7	3,9	0,7	2,9	0,6	6,4	-3,1	5,6	-8,7	7,5	8,2	4,9
GV06	OD	cronico	-0,6	3,5	-0,2	1,6	-1,8	2,6	-4,7	2,5	-4,9	1,4	-0,9	0,7	1,8	3,2
GV07	OI	cronico	2,8	3,0	2,1	2,1	7,8	5,3	1,5	4,5	-3,2	7,0	1,6	1,6	2,4	3,8
GV08	OD	agudo	-11,3	8,8	2,8	1,5	4,5	3,1	0,8	5,3	-5,9	3,6	1,6	1,2	4,6	2,5
GV09	OD	agudo	-1,1	18,0	3,0	10,4	-9,8	12,2	-1,0	4,7	-4,8	5,4	1,6	2,1	11,3	7,7
GV10	OD	cronico	-10,3	4,6	0,5	2,6	5,4	4,7	2,2	10,9	-2,0	8,0	0,3	4,7	13,6	3,0
GV11	OI	cronico	1,0	9,68	2,1	0,8	10,1	7,8	3,9	9,4	-3,5	6,0	0,3	7,1	7,2	0,9
GV12	OD	cronico	1,2	7,0	2,2	1,0	3,8	6,6	-2,6	6,1	-3,4	2,9	0,4	0,6	4,6	3,9
GV13	OD	cronico	-8,0	5,1	2,2	3,3	3,3	4,3	-5,2	6,9	-5,8	9,0	-2,1	5,0	5,8	2,5
GV14	OD	agudo	8,0	9,4	-0,8	5,6	2,9	6,4	-2,2	4,7	-11,5	8,8	0,5	1,2	7,0	9,6
GV15	OI	cronico	-8,4	6,4	2,1	1,7	4,9	5,7	0,7	4,9	2,8	5,2	0,8	1,3	6,6	2,3
GV16	OD	agudo	-2,2	4,3	0,5	0,7	0,5	4,9	-0,5	5,2	-5,0	3,4	-0,4	1,7	4,5	3,3
GV17	OD	cronico	1,3	4,1	1,2	0,6	-0,5	9,4	-2,7	8,3	-2,5	7,7	1,0	0,7	0,6	3,7
GV18	OI	cronico	1,5	5,9	-4,2	4,1	-9,0	17,4	-9,0	7,0	-6,9	6,8	1,8	1,9	3,5	3,4
GV19	OI	agudo	-2,5	3,7	-4,6	4,0	3,7	6,0	5,2	4,8	1,7	3,4	-2,8	3,2	4,9	5,4
GV20	OD	agudo	-3,8	5,1	-1,5	2,2	0,8	3,8	-0,8	4,6	-2,6	3,2	-0,4	1,0	0,8	4,7
GV21	OI	cronico	-3,4	5,7	0,1	0,8	15,9	6,0	4,0	3,6	-1,6	4,3	-1,1	1,1	10,1	5,0
GV22	OI	cronico	-7,2	7,0	2,5	2,7	4,5	9,4	1,2	5,7	-3,6	3,1	0,8	1,4	-1,7	2,7
GV23	OI	agudo	-0,4	8,7	-5,7	8,5	1,2	3,7	-0,5	6,1	-3,0	8,1	-9,0	5,2	7,5	7,0
GV24	OD	cronico	-5,2	2,8	-0,1	1,3	4,2	2,7	-1,6	2,5	-0,5	2,9	-0,5	0,6	3,0	2,3
GV25	OI	cronico	-15,3	2,8	2,5	3,9	5,3	6,0	-1,8	14,2	-8,9	10,8	0,9	1,2	11,9	7,0
GV26	OD	cronico	-3,7	4,1	1,8	3,0	2,8	3,7	0,1	5,5	2,2	7,9	0,1	1,4	2,0	4,3
GV27	OD	cronico	-5,5	9,0	6,4	10,4	9,6	3,7	5,0	1,4	-9,1	4,5	-10,0	2,6	5,3	7,1
GV28	OD	cronico	-6,2	5,9	1,3	0,8	3,2	2,5	-2,4	4,1	-2,9	2,3	0,5	1,2	3,3	3,2
GV29	OI	cronico	-5,0	5,8	-0,3	2,5	1,9	3,9	-0,6	5,5	-3,7	4,6	-0,4	2,9	1,4	4,4
GV30	OD	cronico	-7,2	6,8	-1,5	3,0	13,8	10,9	3,0	5,6	-6,4	5,7	-2,5	4,0	1,6	8,3
GV31	OI	cronico	-8,1	5,9	2,7	1,8	6,3	2,6	0,7	2,8	-0,7	3,8	1,7	0,9	2,8	2,8
GV33	OD	agudo	-3,9	8,6	-0,7	1,9	0,1	8,5	-3,9	6,9	-5,4	5,0	-4,7	9,2	4,6	7,2
GV34	OD	cronico	-3,9	4,1	0,2	2,6	5,6	5,0	-2,1	8,2	-3,2	4,6	3,0	2,0	6,3	2,5
gafas35	OI	agudo	-5,6	4,8	0,9	1,8	2,1	3,6	1,8	4,3	-5,9	2,8	-0,2	2,3	4,4	6,5
gafas36	OI	cronico	4,1	6,2	1,4	2,2	1,6	11,0	-7,5	7,6	-2,5	8,6	0,8	1,7	-3,2	3,8
gafas37	OI	cronico	3,6	2,9	-0,3	2,3	-0,9	6,2	-2,5	6,8	-5,0	6,2	0,6	1,9	3,1	2,5
gafas38	OD	cronico	1,9	2,5	-1,2	3,4	-1,6	4,3	-4,9	4,3	-4,6	2,7	1,5	3,1	7,1	3,9

Tabla 63. Percepción de la orientación visual para cada uno de los sujetos del GV y del grupo vestibular gafas antes del tratamiento para los valores angulares -22,5°, 0°, 22,5°, 45°, 67,5°, 90° y 112,5° (M: media, DS: desviación estándar). Se especifica para cada sujeto con LVU el lado en lesión y el tiempo de evolución. Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

Orientación visual grupo control													
-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
C01	3,0	-0,7	1,3	0,4	4,5	-0,8	5,1	-3,7	4,1	-2,6	1,1	-1,7	3,4
C02	-3,5	3,4	-1,9	1,4	0,9	2,3	0,1	5,3	7,9	29,0	-2,5	1,7	4,5
C03	-11,3	3,1	1,4	2,7	3,3	3,5	-3,4	9,5	-6,5	6,9	-0,1	1,8	5,3
C4	-3,3	4,2	1,4	0,5	3,3	4,3	-3,4	6,7	-6,5	4,9	-0,1	0,4	-0,3
C5	-7,5	6,3	-0,1	1,2	5,8	2,5	-0,1	3,4	-1,4	3,0	1,1	1,6	3,8
C6	-7,0	5,6	-0,8	6,9	4,9	6,9	-3,3	3,6	-2,4	4,8	-0,2	2,4	7,6
C7	-8,5	4,9	1,6	1,6	1,9	6,1	-2,2	2,7	-8,1	1,5	-2,9	2,7	8,3
C8	-9,2	10,0	-1,6	7,3	6,6	6,4	0,9	4,5	-4,7	6,4	-9,0	7,0	2,5
C9	-8,7	8,4	-1,6	2,6	6,6	7,2	0,9	7,7	-4,7	4,5	-2,4	0,8	5,3
C10	-1,0	5,8	1,2	1,2	1,5	4,3	-3,1	5,7	-2,1	4,2	-0,3	1,5	3,7
C11	-7,6	5,6	3,2	5,4	2,3	7,8	-3,2	3,5	-5,7	2,3	-4,6	2,8	2,6
C12	-10,6	6,4	0,9	1,3	8,8	6,2	3,9	3,3	2,1	2,5	-0,3	1,2	3,9
C13	2,1	2,2	1,4	0,5	1,8	2,2	-3,8	1,8	-6,5	3,2	-0,2	1,3	2,7
C15	-7,3	7,1	1,4	3,4	1,8	8,5	-3,8	9,3	-6,5	4,9	-2,6	4,4	4,0
C16	-1,5	2,4	0,2	2,0	0,3	0,5	1,3	1,5	3,5	1,4	-0,3	1,9	1,9
C18	-2,4	3,3	0,3	1,2	3,8	1,9	1,4	1,8	-1,0	4,8	-0,6	1,1	2,6
C19	-1,7	3,1	-1,4	4,3	3,4	2,3	-1,0	3,4	-4,6	5,6	1,4	1,1	2,7
C20	-3,8	5,1	-1,5	2,2	0,8	3,8	-0,8	4,6	-2,6	3,2	-0,4	1,0	0,8
C21	-2,7	7,5	-1,5	5,3	0,8	3,9	-0,8	5,6	-2,6	5,0	-1,3	3,1	-2,5
C22	-3,4	10,6	2,9	7,1	-4,0	5,5	-3,9	7,4	-6,8	7,6	2,0	4,7	2,1
C23	-6,2	4,4	0,4	1,0	1,7	3,1	-1,1	3,1	-3,1	3,5	1,6	1,2	7,7
C24	-8,9	6,7	1,6	3,4	6,3	9,6	3,2	5,8	-1,7	4,1	-1,2	1,7	5,2
C25	-2,0	7,3	2,5	0,7	5,1	5,2	1,2	7,0	-2,5	3,0	0,5	0,7	0,5
C26	-7,6	2,3	2,5	1,1	5,1	5,7	1,2	4,5	-2,5	2,4	-1,3	1,6	3,0
C28	-3,7	11,2	-1,7	5,9	4,6	5,6	-0,4	6,3	0,2	6,2	-6,2	2,6	6,5
C29	-6,7	4,5	-1,0	1,3	-0,4	3,4	3,2	2,8	1,9	2,9	0,0	0,9	1,7
C30	-9,4	4,9	0,4	0,7	10,8	9,3	-1,6	6,2	-4,3	6,3	-0,5	1,5	7,4
C31	-2,6	2,7	-0,3	1,2	2,1	6,0	2,2	7,7	-1,4	1,6	-0,3	0,6	1,3
C32	-1,4	3,8	4,9	3,2	2,2	2,0	5,3	2,5	5,0	2,1	-0,2	2,1	4,9
C33	-3,6	8,9	6,0	3,3	2,6	1,9	4,7	2,8	4,7	2,3	1,8	1,7	7,6

Tabla 64. Percepción de la orientación visual de cada uno de los sujetos del grupo control para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

	Percepción de la orientación visual grupo vestibular pre tto													
	-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Error constante	-3,0	5,4	0,3	2,5	2,8	5,6	-0,8	3,3	-3,9	3,3	-0,5	3,0	4,8	4,5
Error variable	6,3	3,2	2,9	2,4	6,1	3,5	5,7	2,4	5,3	2,3	2,5	2,1	4,6	2,1

Tabla 65. Percepción de la orientación visual del grupo vestibular antes del tratamiento, para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

	Percepción de la orientación visual p. agudos pre tto													
	-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Error constante	-2,15	6,32	-0,73	2,71	0,63	5,77	-0,42	2,62	-4,73	3,89	-0,65	3,23	5,58	5,52
Error variable	8,07	4,23	3,48	3,12	6,28	3,66	5,22	0,75	4,89	2,02	2,84	2,36	6,12	2,06

Tabla 66. Percepción de la orientación visual del grupo de sujetos agudos del grupo vestibular antes del tratamiento, para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

	Percepción de la orientación visual p. crónicos pre tto													
	-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Error constante	-3,5	5,0	0,8	2,3	4,0	5,3	-1,0	3,6	-3,4	2,9	-0,4	3,0	4,4	4,0
Error variable	5,4	2,0	2,6	2,0	6,0	3,5	6,0	2,9	5,5	2,4	2,4	2,0	3,8	1,7

Tabla 67. Percepción de la orientación visual de los pacientes crónicos del grupo vestibular antes del tratamiento, para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

	Percepción de la orientación visual en p. lesión dcha pre tto													
	-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Error constante	-2,3	5,7	1,0	1,9	1,9	4,0	-1,7	2,5	-4,1	3,2	-0,4	2,8	4,6	3,8
Error variable	6,5	4,0	2,9	2,9	5,3	2,6	5,4	2,2	4,8	2,4	2,3	2,1	4,5	2,1

Tabla 68. Percepción de la orientación visual de los pacientes con lesión derecha del grupo vestibular antes del tratamiento, para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

	Percepción de la orientación visual en p. lesión izda pre tto													
	-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Error constante	-3,8	5,2	-0,5	2,9	3,8	6,9	0,1	3,7	-3,7	3,4	-0,6	3,3	5,1	5,3
Error variable	6,2	2,1	2,9	1,9	6,9	4,2	6,1	2,5	5,8	2,0	2,8	2,1	4,7	2,2

Tabla 69. Percepción de la orientación visual de los pacientes con lesión izquierda del grupo vestibular antes del tratamiento, para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

	Percepción de la orientación visual en el grupo control													
	-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Error constante	-5,1	3,4	0,7	2,0	3,2	3,0	-0,2	2,7	-2,5	3,5	-1,1	2,4	3,5	2,8
Error variable	5,5	2,5	2,7	2,1	4,8	2,4	4,8	2,2	3,9	1,7	1,9	1,4	4,5	2,0

Tabla 70. Percepción de la orientación visual del grupo control para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

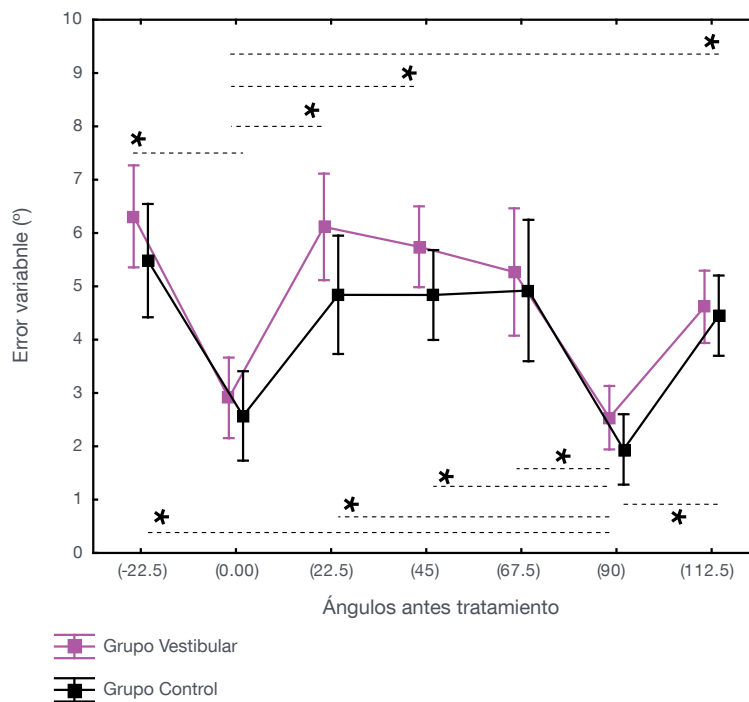
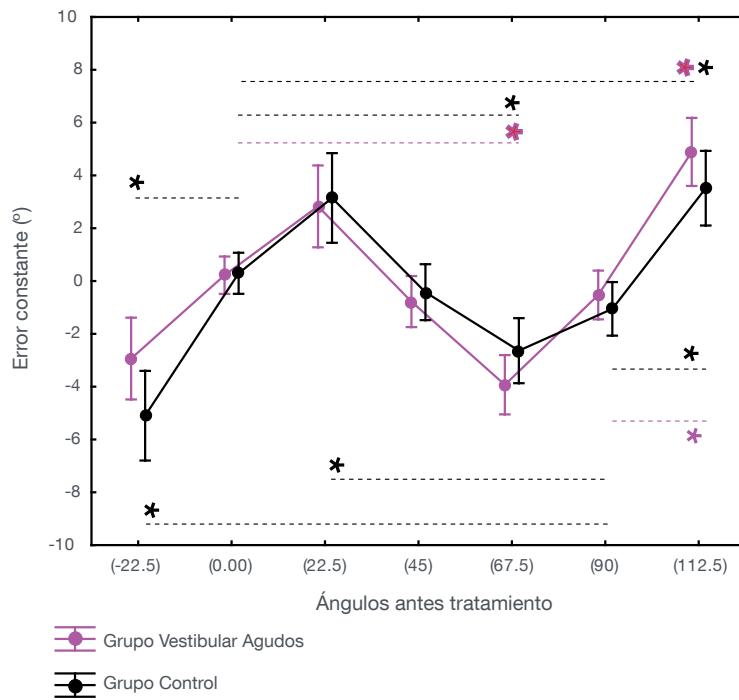


Figura 54. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, de los grupos vestibular y control antes del tratamiento. El grupo vestibular se representa con color rosa, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un círculo. El error variable se representa con un cuadrado.

Comparación de los valores obtenidos en la prueba de percepción de la orientación visual en los diferentes subgrupos y en el grupo control antes del tratamiento

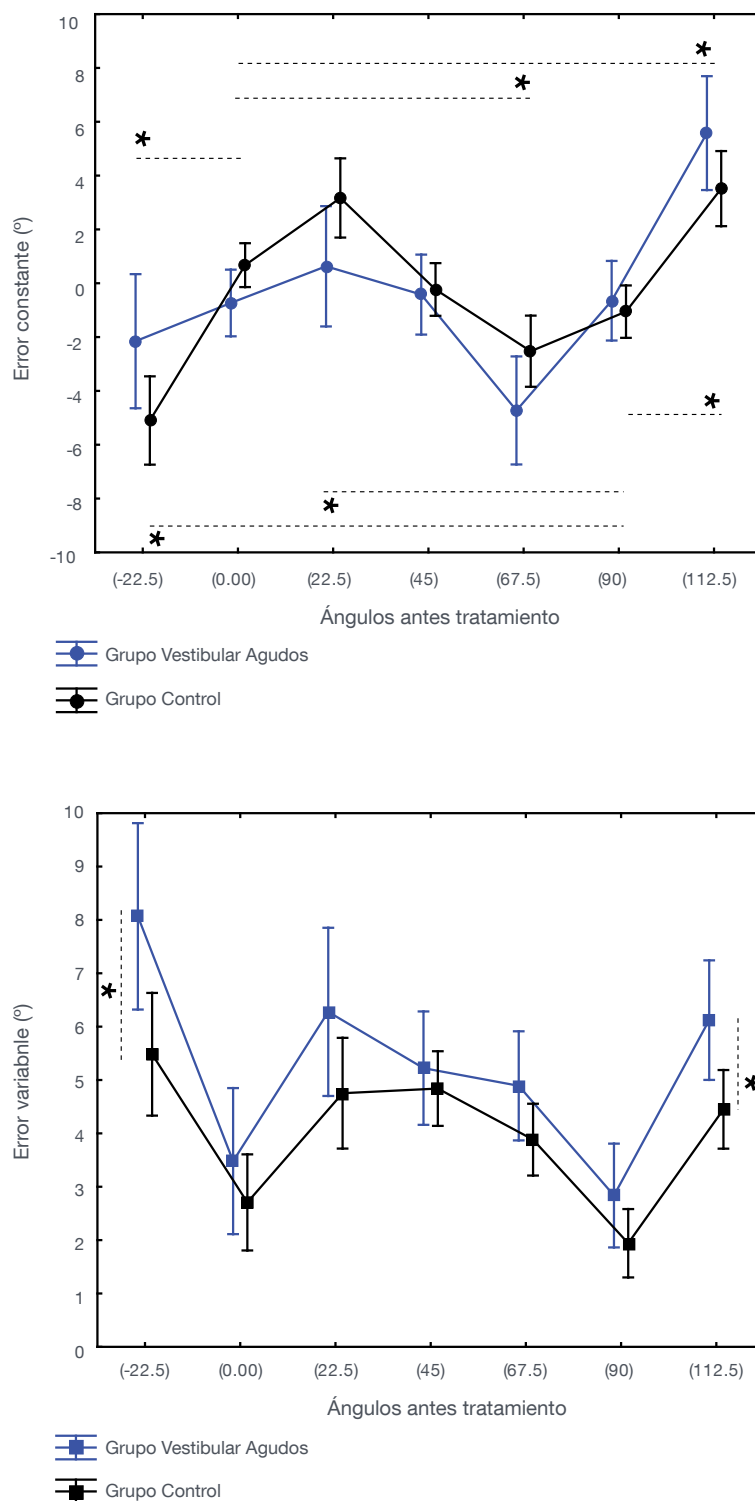


Figura 55. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, del subgrupo de casos agudos y del grupo control antes del tratamiento. El subgrupo de agudos se representa con color azul, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un círculo. El error variable se representa con un cuadrado.

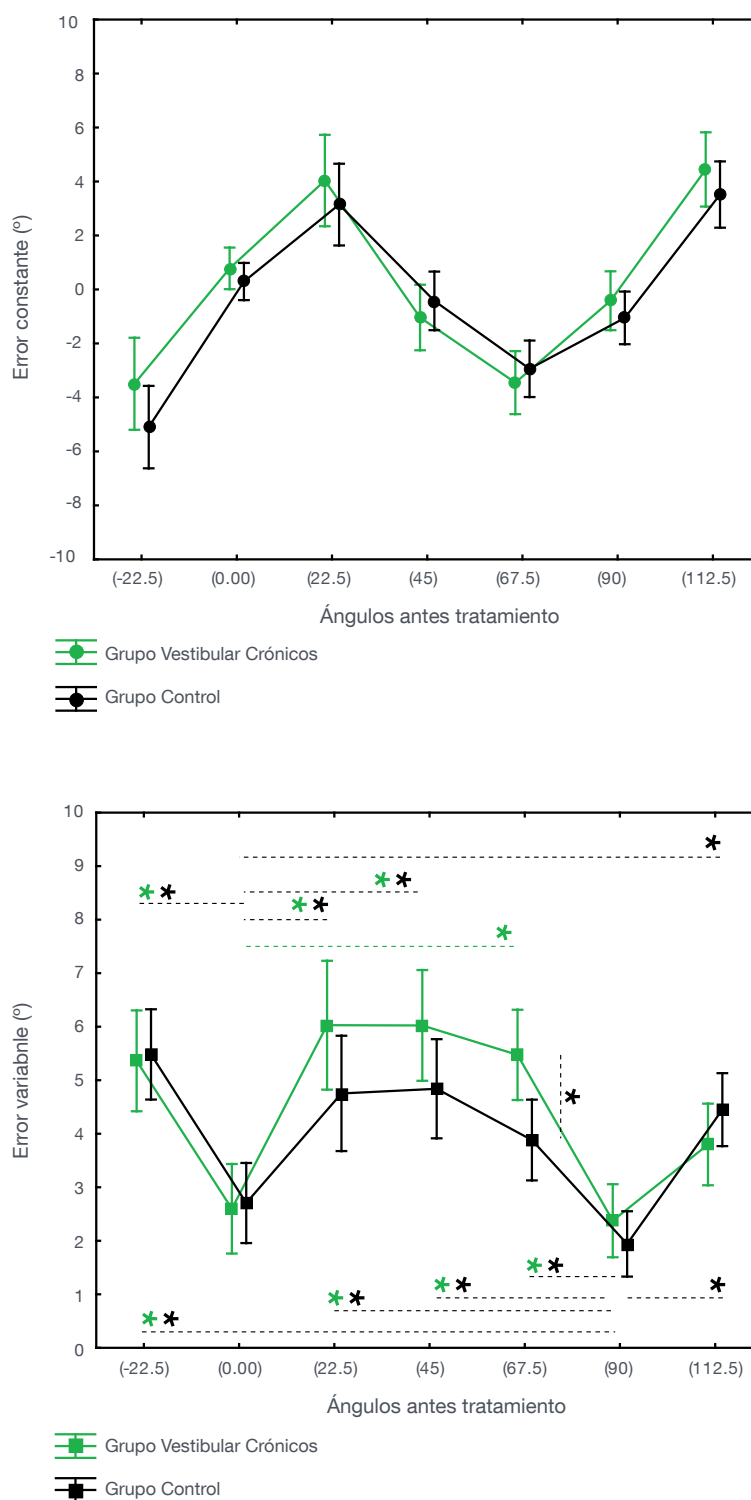


Figura 56. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, del subgrupo de casos crónicos y del grupo control antes del tratamiento. El subgrupo de crónicos se representa con color verde, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un círculo. El error variable se representa con un cuadrado.

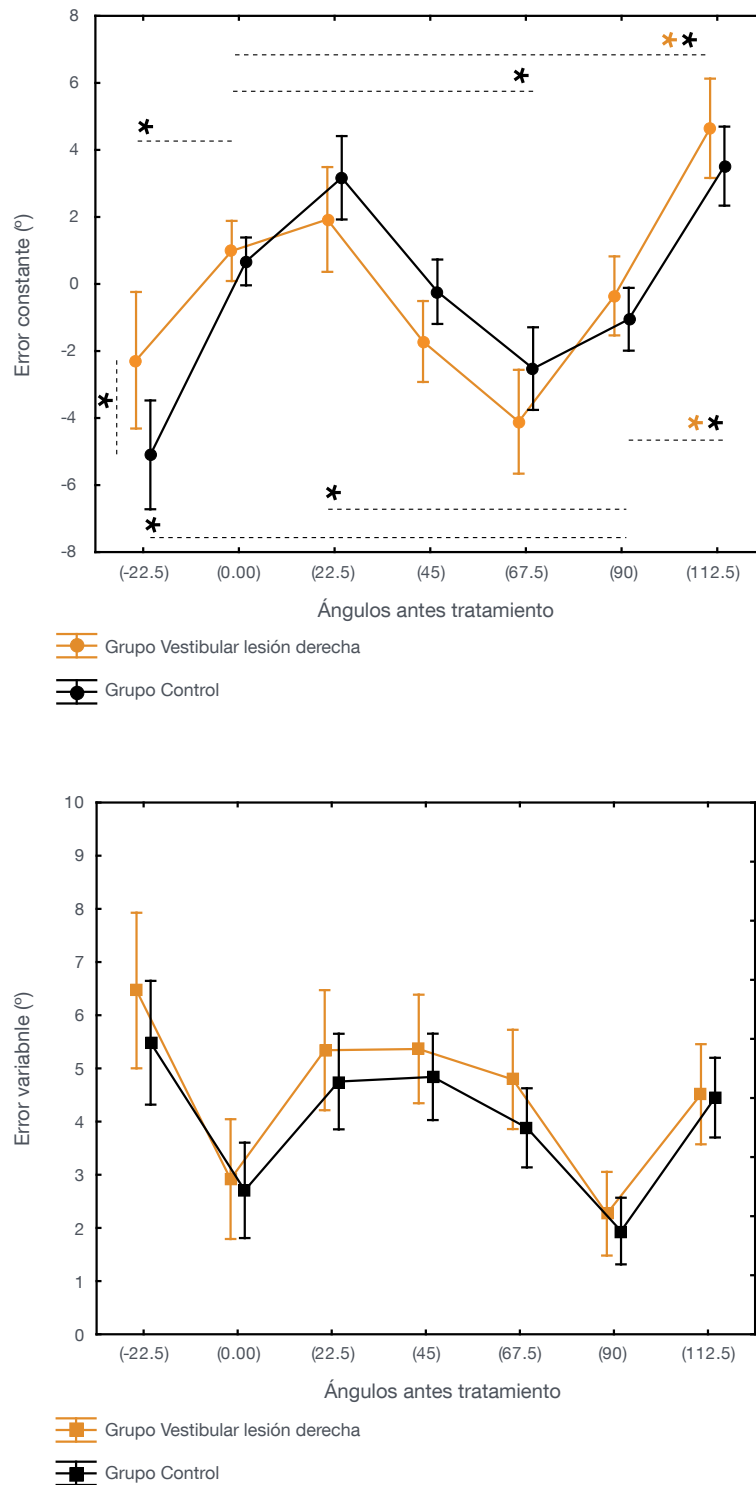


Figura 57. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, del subgrupo de casos con lesión en el lado derecho y del grupo control antes del tratamiento. El subgrupo con lesión derecha se representa con color naranja, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un círculo. El error variable se representa con un cuadrado.

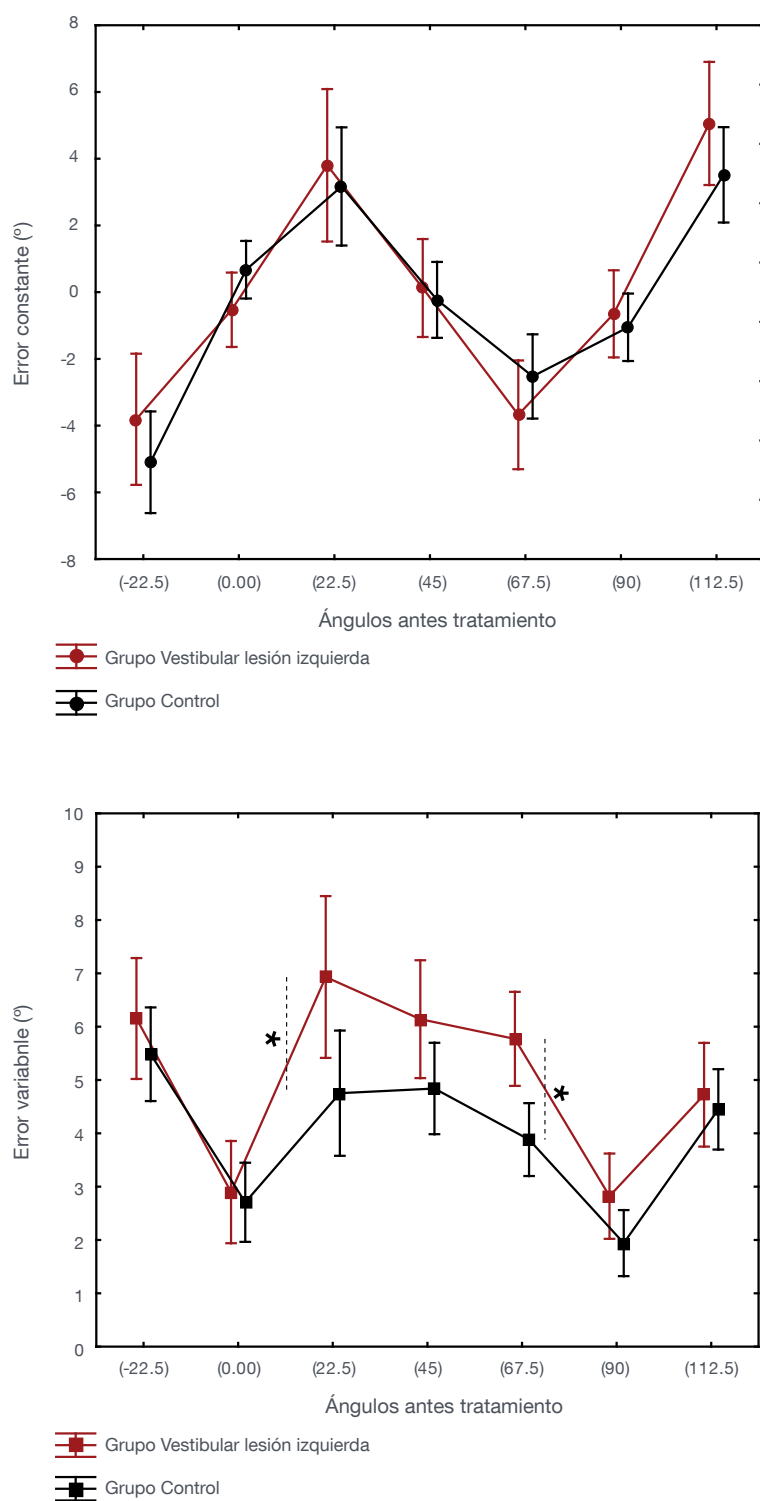


Figura 58. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, del subgrupo de casos con lesión en el lado izquierdo y del grupo control antes del tratamiento. El subgrupo con lesión izquierda se representa con color marrón, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un círculo. El error variable se representa con un cuadrado.

Comparación de los valores obtenidos en la prueba de percepción de la orientación visual en el grupo vestibular y en el pequeño grupo vestibular gafas antes y después del tratamiento

			Orientación visual grupo vestibular post tto													
			-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
			M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
GV01	OD	agudo	-1,0	3,2	1,5	1,1	2,7	5,3	0,9	6,6	-5,3	4,8	1,5	1,4	2,9	3,4
GV02	OI	agudo	-7,2	7,1	-0,2	1,0	0,5	6,1	-1,9	4,2	-6,3	8,9	3,6	2,7	5,4	5,2
GV03	OI	agudo	-9,7	10,1	-1,3	1,0	-0,4	4,4	-2,3	4,3	-9,6	5,2	-1,1	1,5	4,5	5,1
GV04	OD	agudo	-0,4	6,8	-0,9	2,1	-1,4	4,2	-2,1	4,6	-7,3	4,7	-1,4	1,4	-0,3	2,6
GV05	OI	cronico	-6,1	7,2	1,3	1,6	-5,6	3,2	0,3	9,6	-2,6	6,4	-6,6	2,2	2,5	7,6
GV06	OD	cronico	-0,3	1,7	-0,9	1,0	-1,0	1,2	-5,8	1,6	-6,9	4,1	-0,7	0,8	1,8	1,2
GV07	OI	cronico	-5,1	7,2	-0,6	4,0	4,4	6,1	3,4	3,3	-1,2	2,5	-5,5	10,3	1,7	4,4
GV08	OD	agudo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GV09	OD	agudo	-1,72	14,4	-3,8	11,9	-3,8	7,6	-0,1	5,7	-0,2	6,7	2,4	3,1	2,5	5,4
GV10	OD	cronico	-9,6	4,9	-2,2	6,6	7,5	8,9	-4,2	13,1	-7,4	4,7	0,3	0,7	5,4	2,0
GV11	OI	cronico	-15,7	3,0	-1,7	1,9	-2,8	1,6	-2,2	2,9	-9,9	7,6	-1,7	4,2	9,7	2,4
GV12	OD	cronico	-1,9	1,6	-0,5	1,4	-1,3	5,8	-4,4	4,1	-1,3	3,3	-0,6	0,5	-0,9	4,9
GV13	OD	cronico	-8,2	4,7	2,1	1,1	-2,2	2,1	-7,4	4,5	-8,5	7,5	-9,6	9,1	5,7	5,6
GV14	OD	agudo	1,5	2,9	0,3	1,2	4,2	5,0	-0,3	6,7	-3,1	4,2	0,1	1,7	4,0	4,7
GV15	OI	cronico	-5,1	3,9	1,0	1,9	8,1	4,8	2,0	5,2	-1,0	4,3	0,7	1,3	3,2	3,3
GV16	OD	agudo	1,9	4,8	1,2	0,6	-3,7	3,3	-4,0	3,9	-7,7	1,9	0,2	1,9	4,1	2,6
GV17	OD	cronico	-2,9	5,4	2,9	0,8	2,2	8,1	-2,5	5,6	-1,7	6,2	1,8	1,4	3,2	5,0
GV18	OI	cronico	-2,4	8,8	-1,8	4,1	2,1	3,7	-2,2	2,8	-6,7	4,7	0,9	2,8	3,3	4,3
GV19	OI	agudo	-2,9	4,1	-1,8	3,3	7,9	4,6	5,5	4,4	0,1	4,4	-4,0	3,4	4,7	8,1
GV20	OD	agudo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GV21	OI	cronico	-4,8	5,8	1,8	2,6	12,6	7,2	2,9	5,9	-0,3	1,5	-1,7	1,5	5,5	2,8
GV22	OI	cronico	-4,9	9,7	-2,9	6,5	2,2	7,6	5,1	4,2	-1,0	3,2	-0,4	1,4	0,8	8,8
GV23	OI	agudo	-3,1	5,6	-6,3	4,8	-5,2	13,7	-1,3	7,9	-5,9	4,6	-9,4	4,6	2,8	3,3
GV24	OD	cronico	-0,5	3,0	0,0	1,8	0,0	6,0	-1,1	2,9	-3,2	2,2	0,0	0,9	2,4	2,4
GV25	OI	cronico	-12,4	10,5	-10,1	15,1	4,2	7,1	0,0	8,7	-5,0	4,4	-5,3	6,8	7,6	3,2
GV26	OD	cronico	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GV27	OD	cronico	-4,7	9,0	-0,1	3,8	15,2	5,3	9,4	3,4	-0,7	4,8	-2,0	6,4	3,8	3,0
GV28	OD	cronico	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
GV29	OI	cronico	-5,9	5,5	0,8	2,0	4,2	5,0	-0,7	5,9	-3,3	3,7	0,5	1,5	3,2	6,8
GV30	OD	cronico	-8,6	5,6	4,2	4,1	8,2	3,7	0,3	4,7	-8,3	3,0	-3,2	2,6	5,5	2,7
GV31	OI	cronico	-6,1	5,4	-7,3	6,8	7,3	3,6	1,0	2,9	-0,7	5,6	-1,6	2,8	3,7	2,5
GV33	OD	agudo	-3,1	6,0	0,1	4,1	1,7	4,1	-6,1	5,4	-8,1	5,9	-1,9	1,1	5,8	4,0
GV34	OD	cronico	-5,1	9,3	0,3	5,8	3,1	3,6	-4,7	3,7	-1,0	10,9	1,3	1,3	7,0	4,4
gafas35	OI	agudo	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
gafas36	OI	cronico	-6,8	5,5	0,7	0,4	5,7	7,3	-1,6	4,9	-8,9	4,1	0,2	0,6	-0,6	3,2
gafas37	OI	cronico	1,2	6,2	0,7	1,0	0,5	6,6	-3,4	6,5	-1,7	4,1	0,7	0,8	-0,8	2,8
gafas38	OD	cronico	-1,6	2,9	-0,5	1,1	0,1	4,5	-4,5	3,8	-8,1	4,9	-0,6	1,5	6,5	4,5

Tabla 71. Percepción de la orientación visual de cada uno de los sujetos del GV y del grupo vestibular gafas después del tratamiento, para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Se especifica para cada sujeto con LVU el lado en lesión y el tiempo de evolución. Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

	Percepción de la orientación visual grupo vestibular después de tto													
	-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Error constante	-4,4	4,1	-0,8	2,9	2,4	4,9	-1,0	3,6	-4,5	3,3	-1,3	3,1	3,6	2,5
Error variable	6,0	2,8	3,3	3,3	5,4	2,4	5,1	2,3	4,8	2,0	2,6	2,4	4,1	1,8

Tabla 72. Percepción de la orientación visual del grupo vestibular después del tratamiento, para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

	Percepción de la orientación visual p. agudos después de tto													
	-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Error constante	-2,6	3,6	-1,1	2,4	0,2	4,0	-1,1	3,1	-5,3	3,3	-1,0	3,7	3,6	1,8
Error variable	6,5	3,5	3,1	3,4	5,8	3,0	5,4	1,3	5,1	1,8	2,3	1,1	4,4	1,7

Tabla 73. Percepción de la orientación visual del grupo de sujetos agudos del grupo vestibular después del tratamiento, para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

	Percepción de la orientación visual p. crónicos después de tto													
	-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Error constante	-5,3	4,0	-0,6	3,1	3,4	5,0	-0,9	3,9	-4,1	3,3	-1,5	2,9	3,6	2,8
Error variable	5,8	2,6	3,4	3,3	5,1	2,1	5,0	2,6	4,7	2,1	2,8	2,8	4,0	1,9

Tabla 74. Percepción de la orientación visual del grupo de sujetos crónicos del grupo vestibular después del tratamiento, para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

	Percepción de la orientación visual p. lesión dcha después de tto													
	-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Error constante	-2,5	3,3	0,0	1,7	1,6	4,9	-2,5	4,1	-4,7	3,2	-0,6	2,8	3,6	2,3
Error variable	5,4	3,4	2,9	3,1	5,0	2,1	5,0	2,6	5,1	2,2	2,2	2,4	3,7	1,3

Tabla 75. Percepción de la orientación visual de los pacientes con lesión derecha del grupo vestibular después del tratamiento, para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

	Percepción de la orientación visual p. lesión izda después de tto													
	-22,5°		0°		22,5°		45°		67,5°		90°		112,5°	
	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS	M	DS
Error constante	-6,2	3,9	-1,4	3,6	3,2	5,0	0,3	2,7	-4,2	3,5	-2,0	3,3	3,7	2,7
Error variable	6,5	2,2	3,7	3,5	5,7	2,7	5,2	2,0	4,6	1,8	3,0	2,4	4,5	2,1

Tabla 76. Percepción de la orientación visual de los pacientes con lesión izquierda del grupo vestibular después del tratamiento, para los valores angulares -22.5°, 0°, 22.5°, 45°, 67.5°, 90° y 112.5° (M: media, DS: desviación estándar). Los valores se muestran en grados. Los valores negativos suponen errores en la estimación de la orientación de la barra hacia la derecha de la línea de referencia y valores positivos significan errores hacia la izquierda de la línea de referencia.

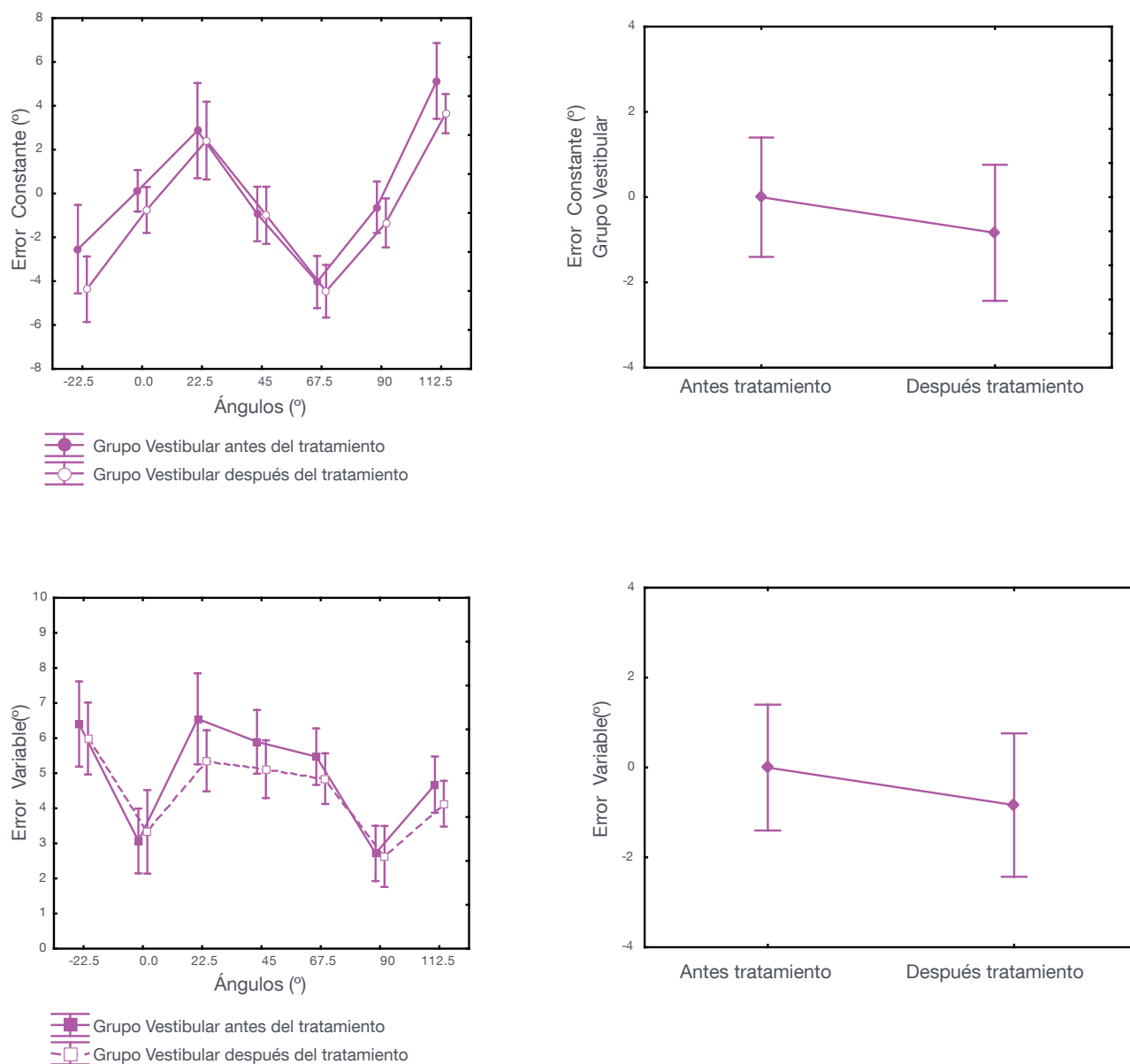


Figura 59. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual en el grupo vestibular, antes y después del tratamiento. En los valores angulares, la forma con relleno se ha usado para los resultados antes del tratamiento y los valores de después de tratamiento se han representado con una forma sin relleno.

Comparación de los valores obtenidos en la prueba de percepción de la orientación visual en los diferentes subgrupos antes y después del tratamiento

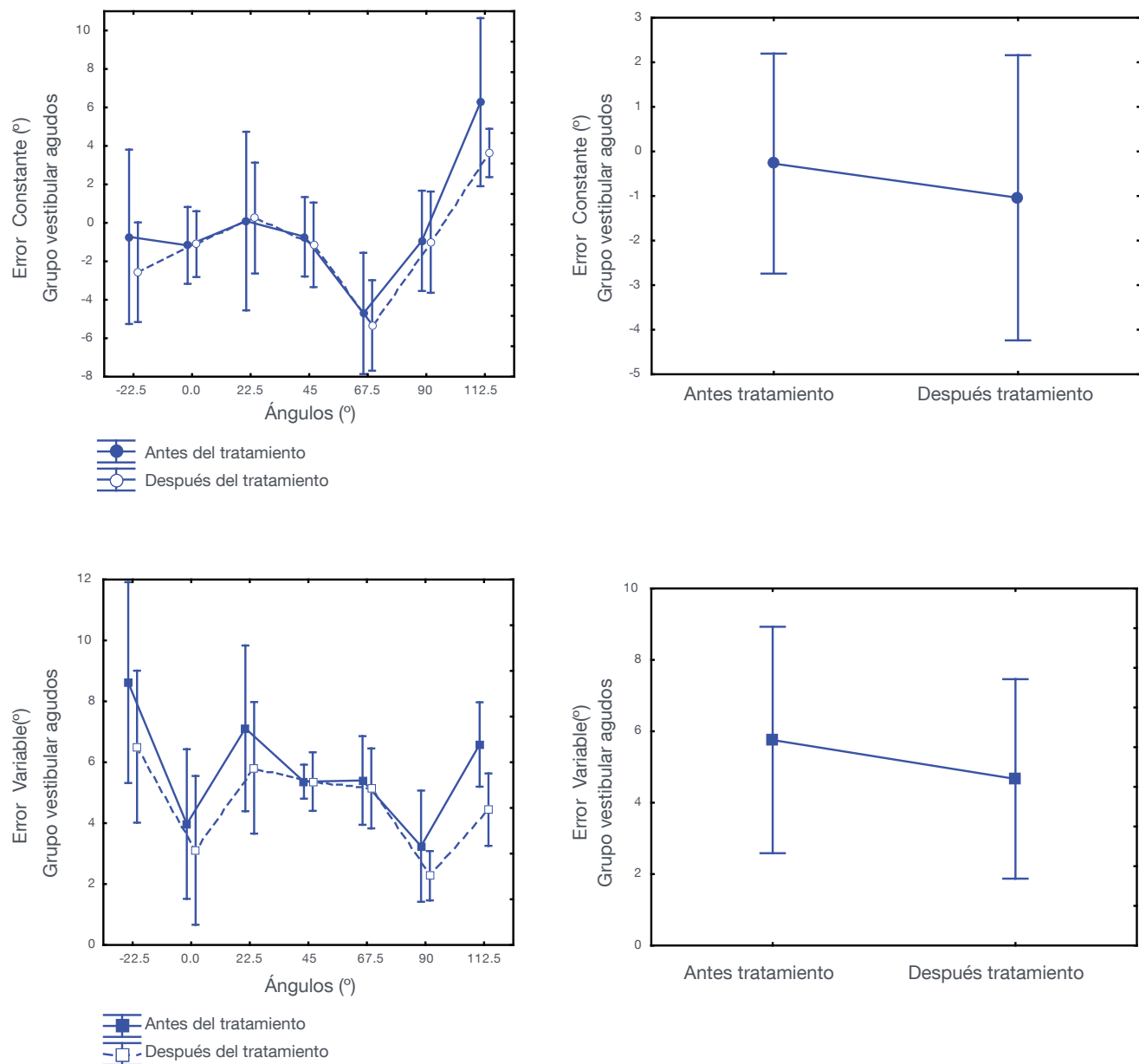


Figura 60. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, en los casos agudos del grupo vestibular, antes y después del tratamiento (color azul). En los valores angulares, la forma con relleno se ha usado para los resultados antes del tratamiento y los valores de después de tratamiento se han representado con una forma sin relleno.

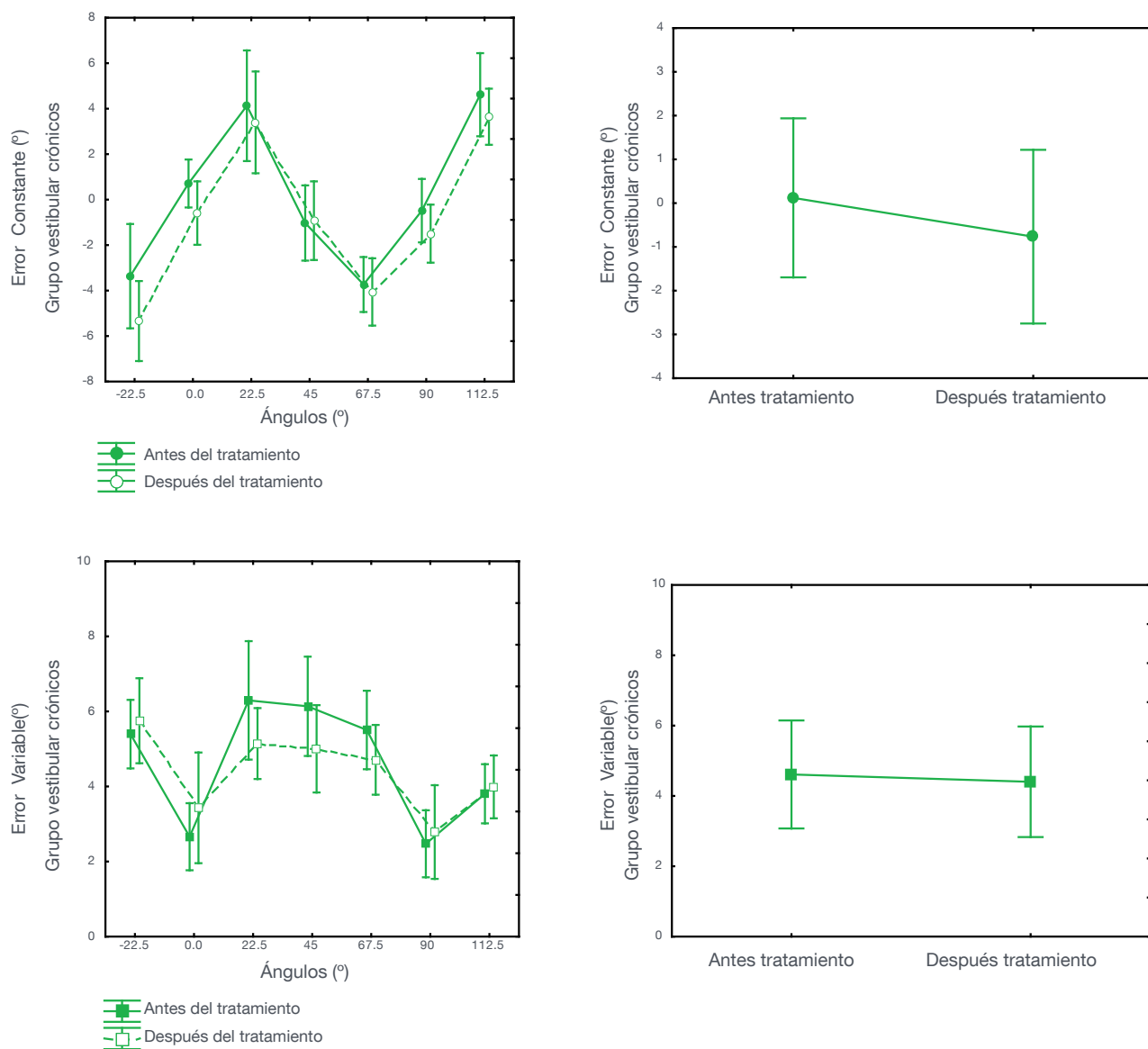


Figura 61. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, en los casos crónicos del grupo vestibular, antes y después del tratamiento (color verde). En los valores angulares, la forma con relleno se ha usado para los resultados antes del tratamiento y los valores de después de tratamiento se han representado con una forma sin relleno.

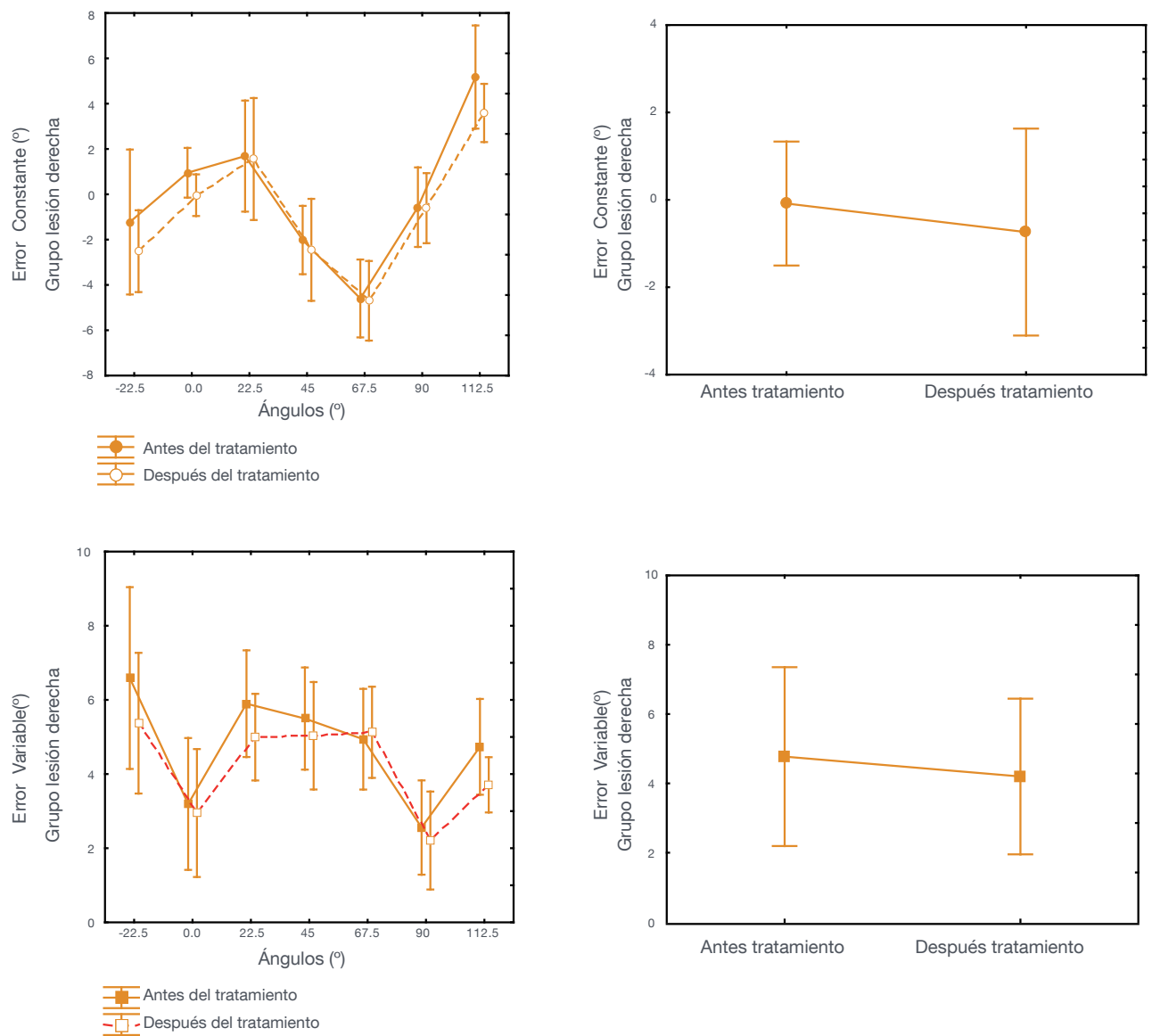


Figura 62. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, en los casos con lesión derecha del grupo vestibular, antes y después del tratamiento (color naranja). En los valores angulares, la forma con relleno se ha usado para los resultados antes del tratamiento y los valores de después de tratamiento se han representado con una forma sin relleno.

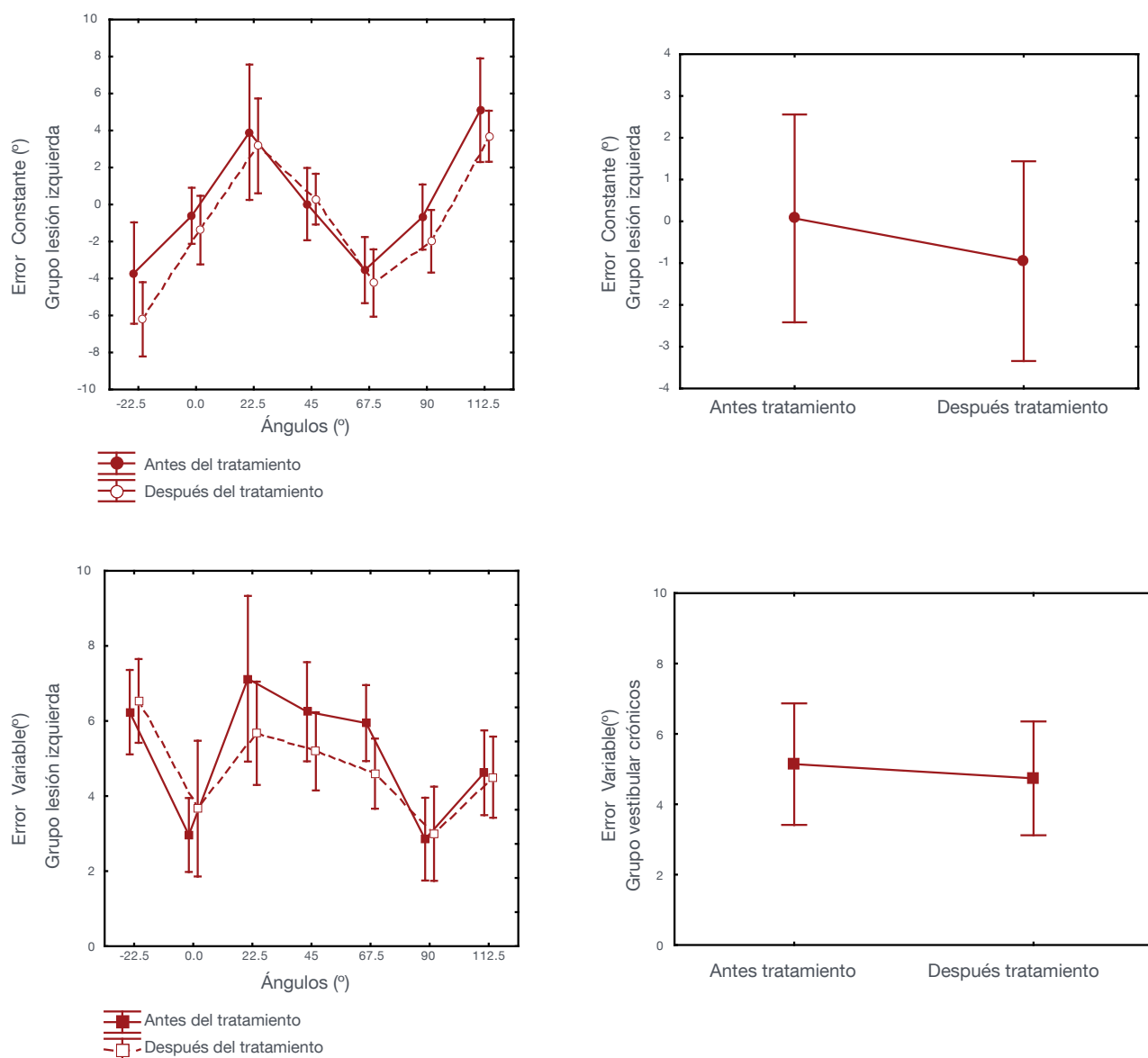


Figura 63. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, en los casos con lesión izquierda del grupo vestibular, antes y después del tratamiento (color marrón). En los valores angulares, la forma con relleno se ha usado para los resultados antes del tratamiento y los valores de después de tratamiento se han representado con una forma sin relleno.

Comparación de los valores obtenidos en la prueba de percepción de la orientación visual en el grupo vestibular y en el pequeño grupo vestibular gafas después del tratamiento y en el grupo control.

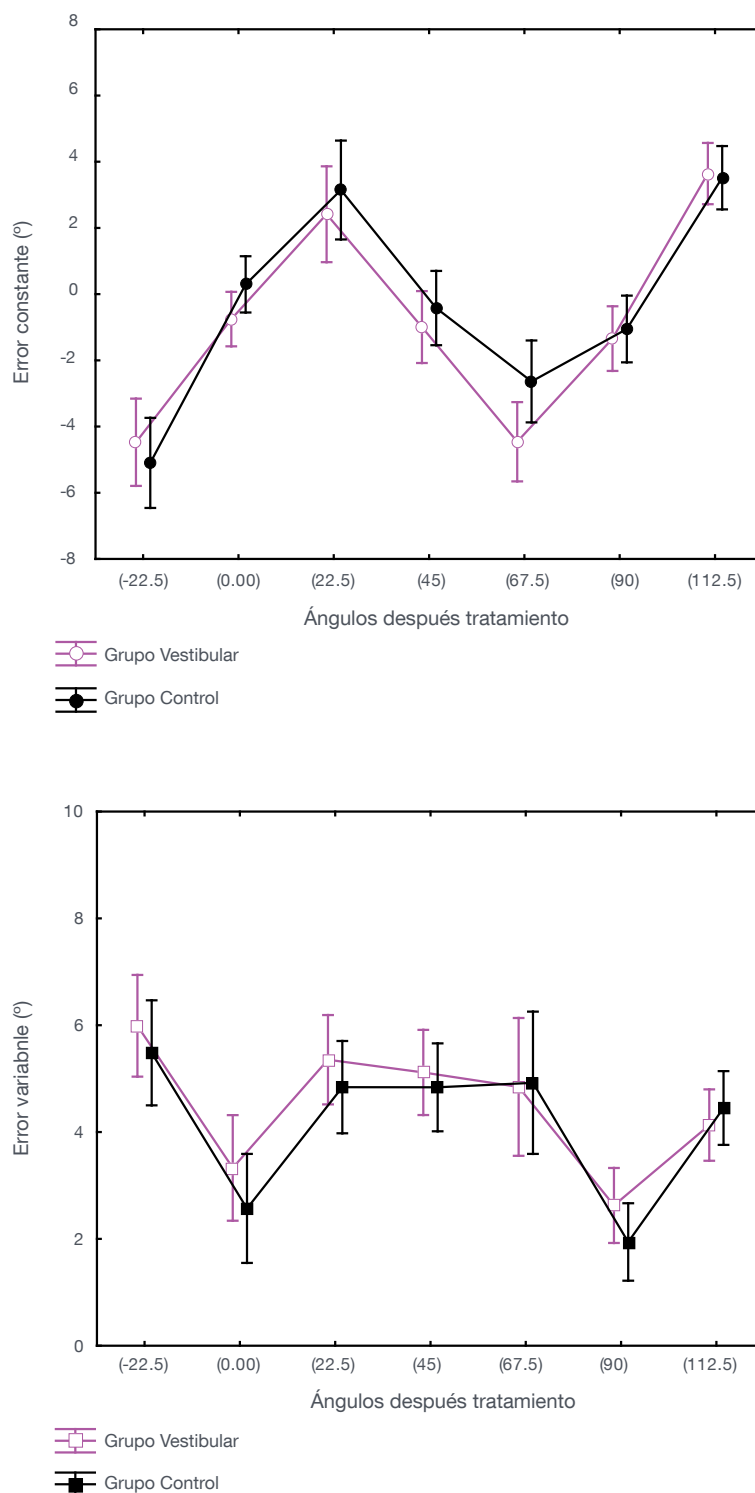


Figura 64. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, de los grupos vestibular después del tratamiento y el grupo control. El grupo vestibular se representa con color rosa, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un círculo. El error variable se representa con un cuadrado.

Comparación de los valores obtenidos en la prueba de percepción de la orientación visual en los diferentes subgrupos después del tratamiento y en el grupo control

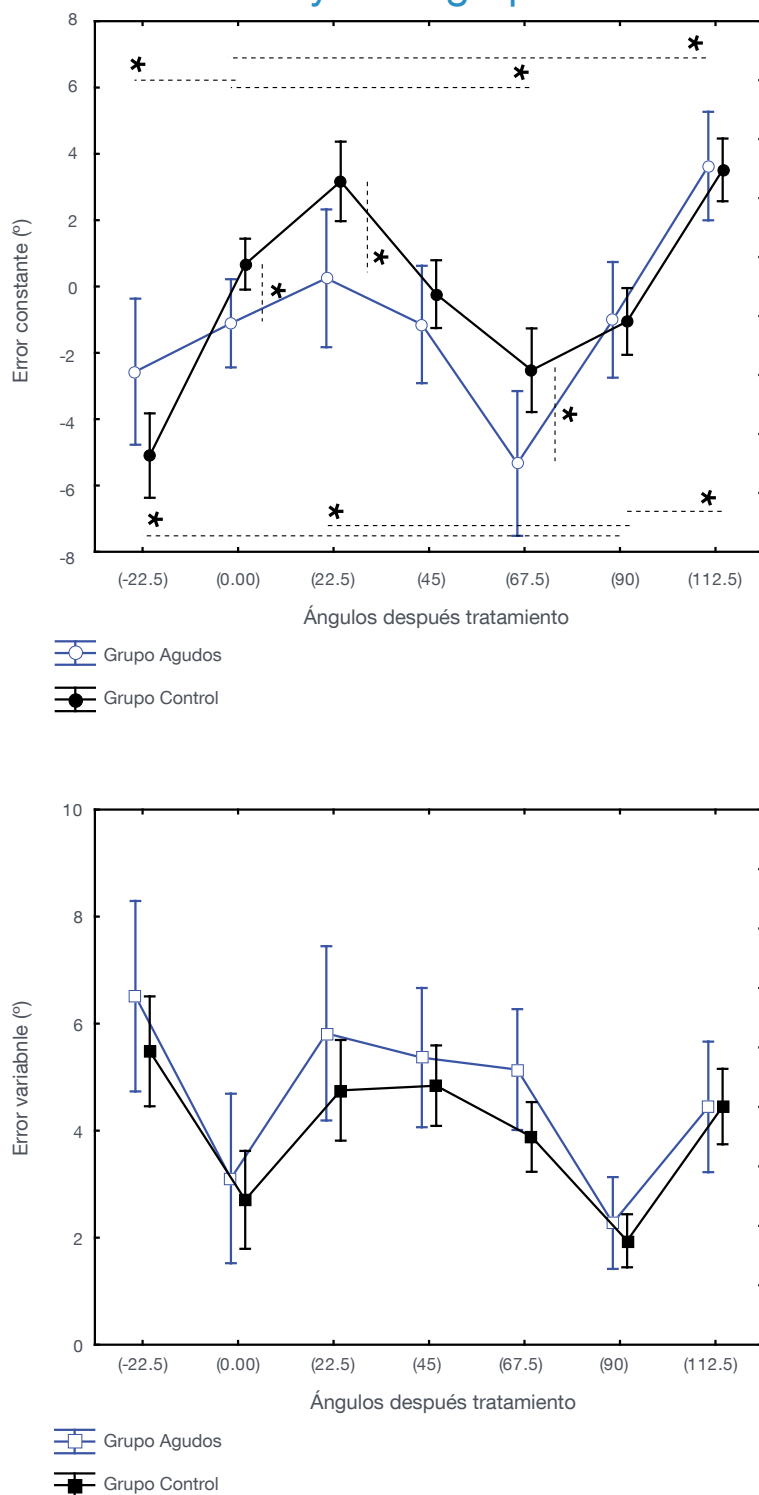


Figura 65. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, del subgrupo de casos agudos y del grupo control después del tratamiento. El subgrupo de agudos se representa con color azul, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un círculo. El error variable se representa con un cuadrado.

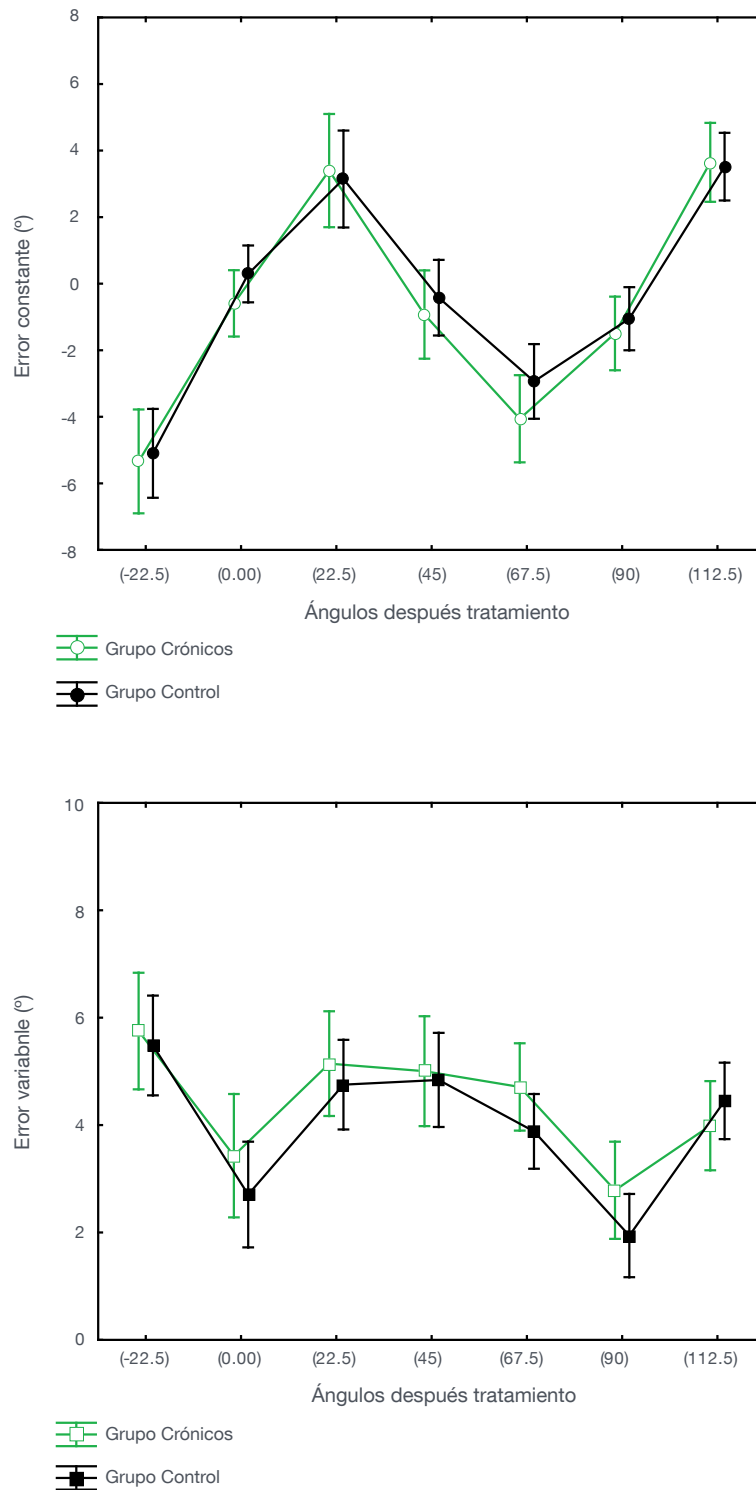


Figura 66. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, del subgrupo de casos crónicos y del grupo control después del tratamiento. El subgrupo de sujetos crónicos se representa con color verde, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un círculo. El error variable se representa con un cuadrado.

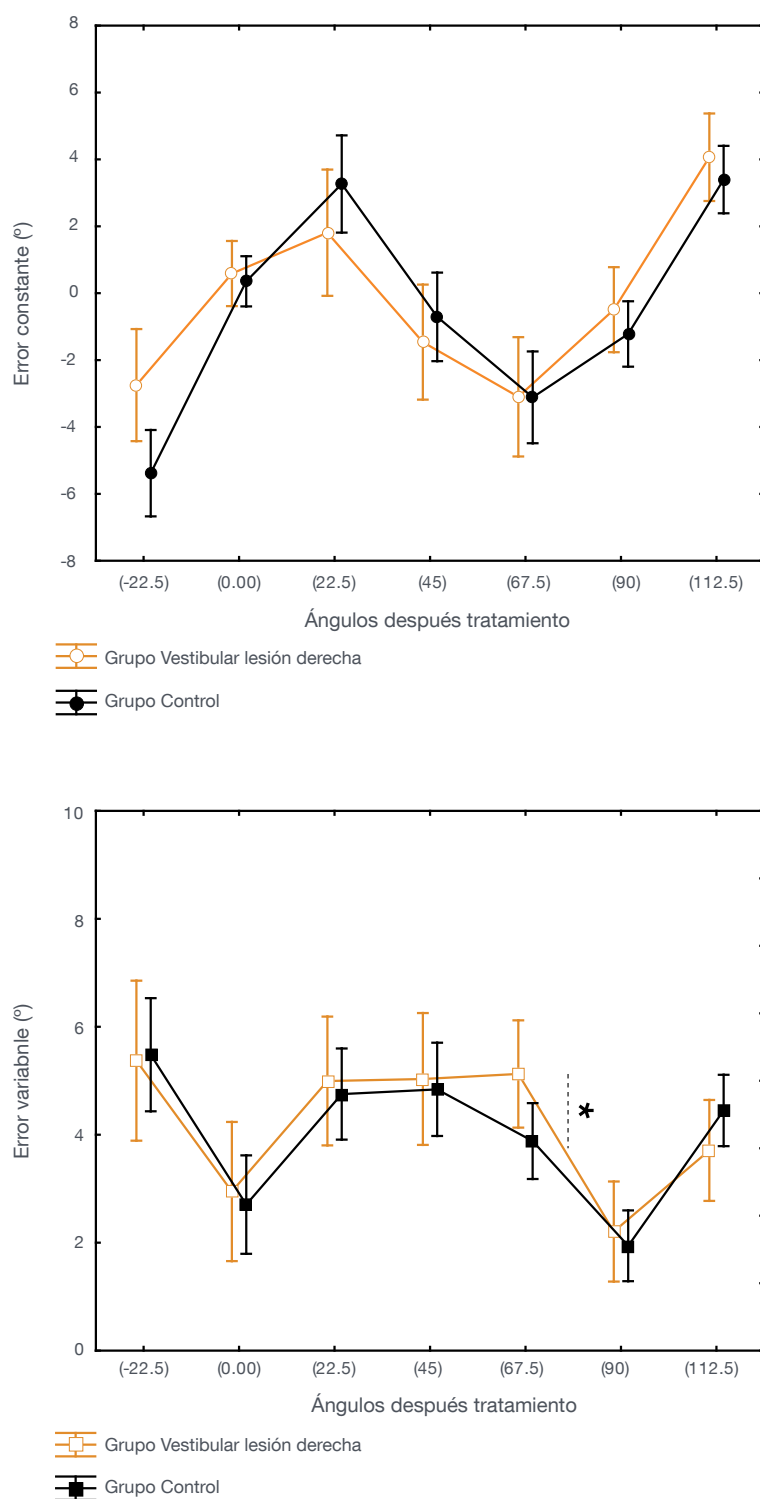


Figura 67. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, del subgrupo de casos con lesión en el lado derecho y del grupo control después del tratamiento. El subgrupo con lesión derecha se representa con color naranja, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un círculo. El error variable se representa con un cuadrado.

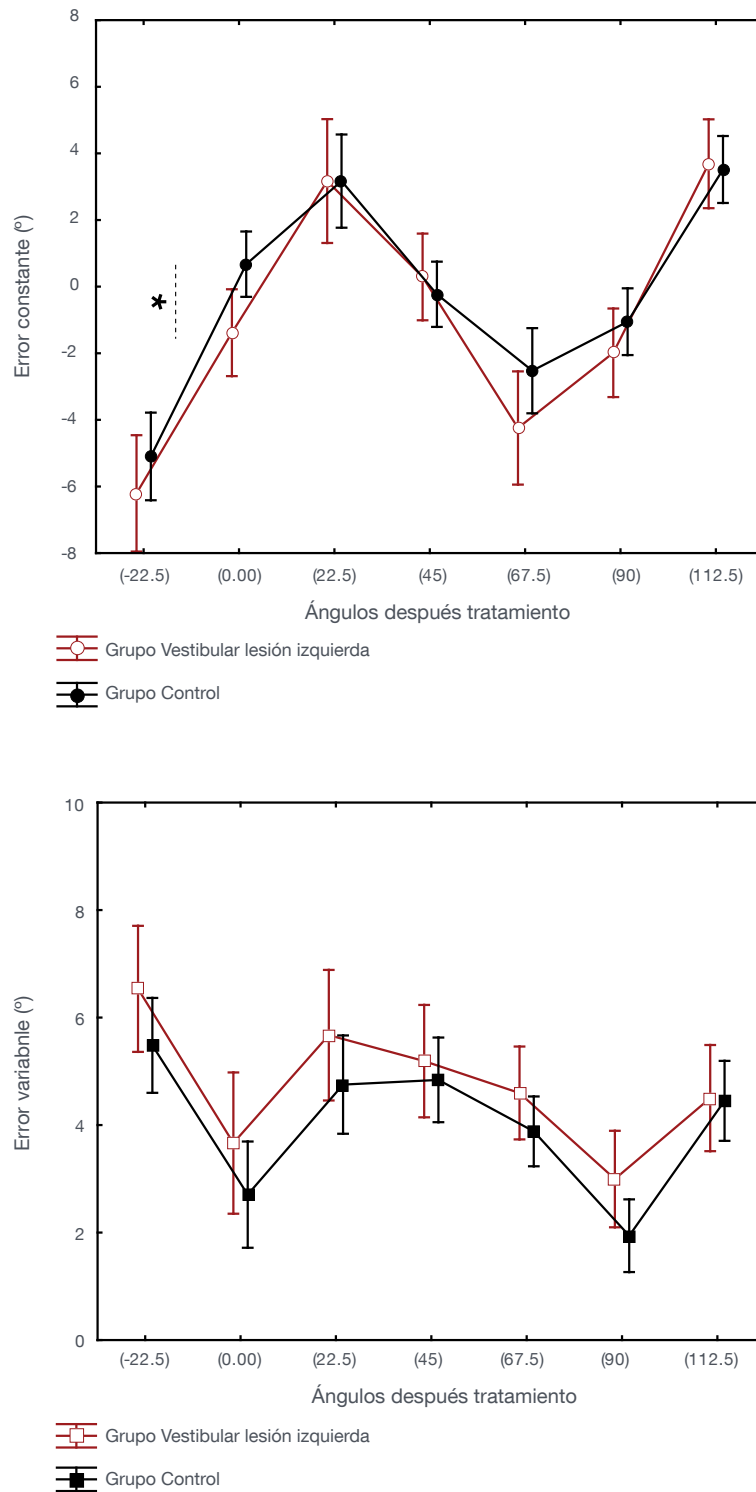


Figura 68. Comparación del error constante y de la variabilidad del error en la prueba de orientación visual, del subgrupo de casos con lesión en el lado izquierdo y del grupo control después del tratamiento. El subgrupo con lesión izquierda se representa con color marrón, el grupo control con color negro. El error constante se identifica con un círculo. El error variable se representa con un cuadrado.

Resultados del cuestionario de calidad de vida y de la percepción de mejoría subjetiva

En la **tablas 77-80** se pueden observar los valores de la escala de discapacidad vestibular (DHI), con la puntuación total y la de sus aspectos emocional, físico y funcional, antes y después del tratamiento. La máxima discapacidad son 100 puntos; la del subapartado emocional 36, la del subapartado funcional 36 y la del subapartado físico 28.

De 16 a 34 se considera una discapacidad leve, de 36 a 52 puntos discapacidad moderada y 54 puntos o más discapacidad severa.

La última fila de esta tabla muestra la percepción subjetiva de mejoría del grupo vestibular de acuerdo con una escala de Likert de 8 puntos.

Percepción de discapacidad antes y después del tratamiento, en el grupo vestibular y en los distintos subgrupos

	Grupo vestibular					p
	Pre tto.			Post tto.		
	Media	DS		Media	DS	
DHI Total	48,41	19,59		38,48	22,44	0,002
Emocional	14,07	9,73		9,93	8,6	0,008
Físico	18,21	7,07		14,21	8,06	0,007
Funcional	16,15	6,16		13,14	7,55	0,013
Percepción de mejoría	---	---		3,26	2,05	

Tabla 77. Comparación de los valores medios de las variables de la escala de discapacidad DHI con la puntuación total y la de los diferentes aspectos que analiza, en el grupo vestibular antes y después de la reeducación vestibular, así como la percepción subjetiva de mejoría de este grupo.

	Lesión derecha				Lesión izquierda			
	pre tto (n=15)		post tto (n=15)		pre tto (n= 14)		post tto (n=13)	
	Media	DS	Media	DS	Media	DS	Media	p
DHI Total	47,47	18,20	34,80	20,66	49,43	21,63	42,43	0,114
Emocional	13,87	8,77	8,71	6,59	14,29	11,01	11,14	0,015
Físico	18,40	7,75	13,00	6,55	18,00	6,56	15,43	0,205
Funcional	15,20	5,12	10,43	6,85	17,14	7,18	15,86	0,434
Percepción de mejoría			3,5	2,18			3,00	1,96

Tabla 79. Comparación de los valores medios de las variables de la escala de discapacidad DHI con la puntuación total y la de los diferentes aspectos que analiza, en el grupo vestibular antes y después de la reeducación vestibular, así como la percepción subjetiva de mejoría de este grupo, diferenciando entre casos con lesión en lado derecho e izquierdo.

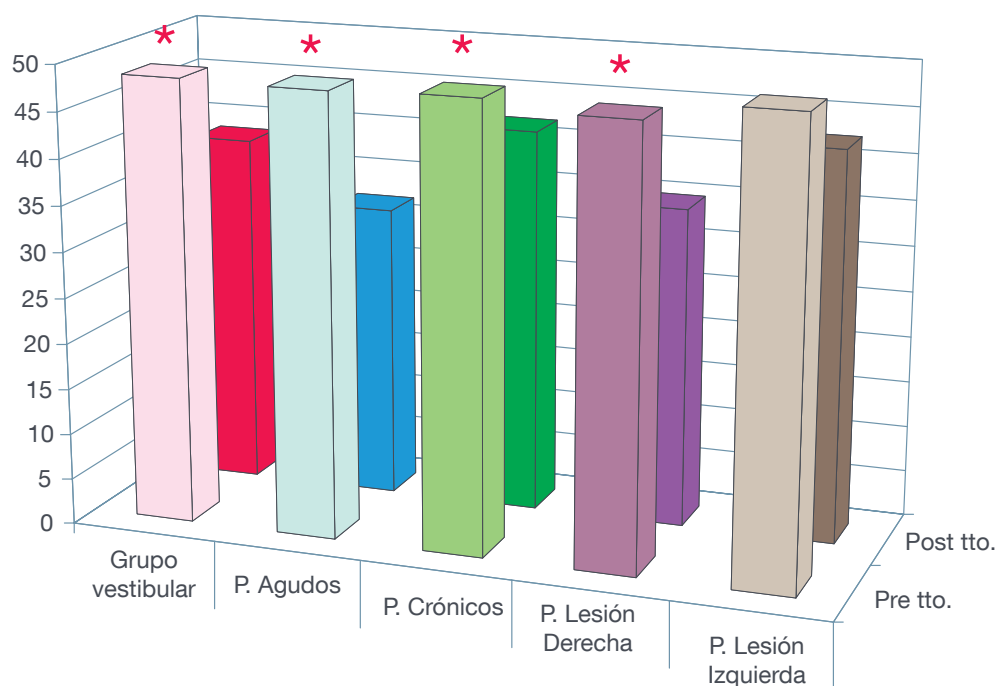


Figura 69. Valores de la percepción de discapacidad en relación con la lesión vestibular, medidos con el cuestionario DHI y referidos por el grupo vestibular, el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo, antes y después del tratamiento.

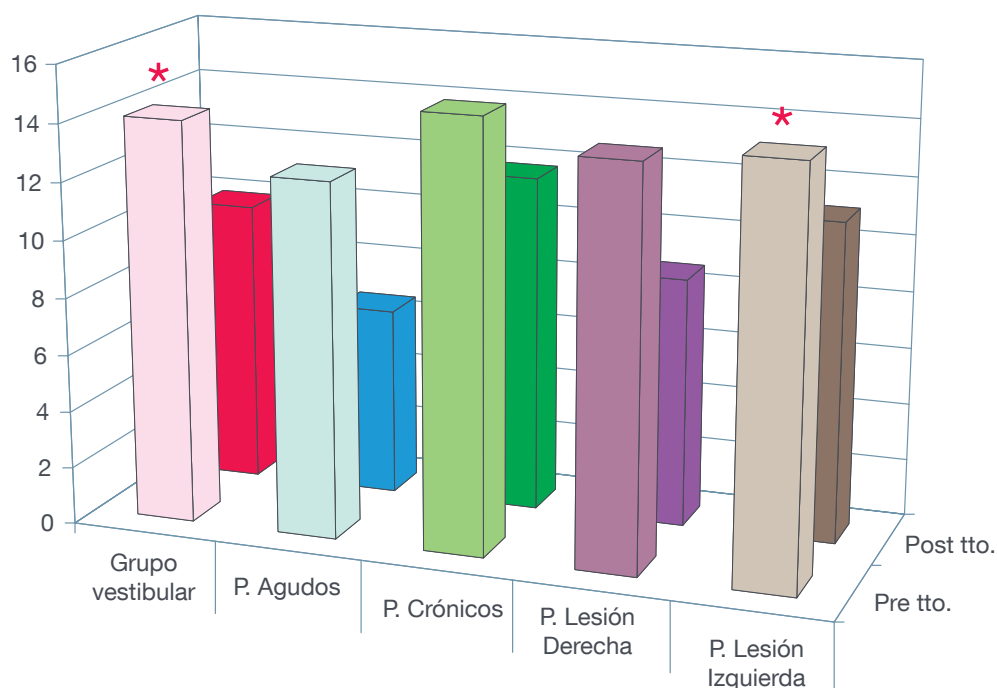


Figura 70. Valores de la percepción de discapacidad en el componente emocional en relación con la lesión vestibular, medidos con el cuestionario DHI y referidos por el grupo vestibular, el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo, antes y después del tratamiento.

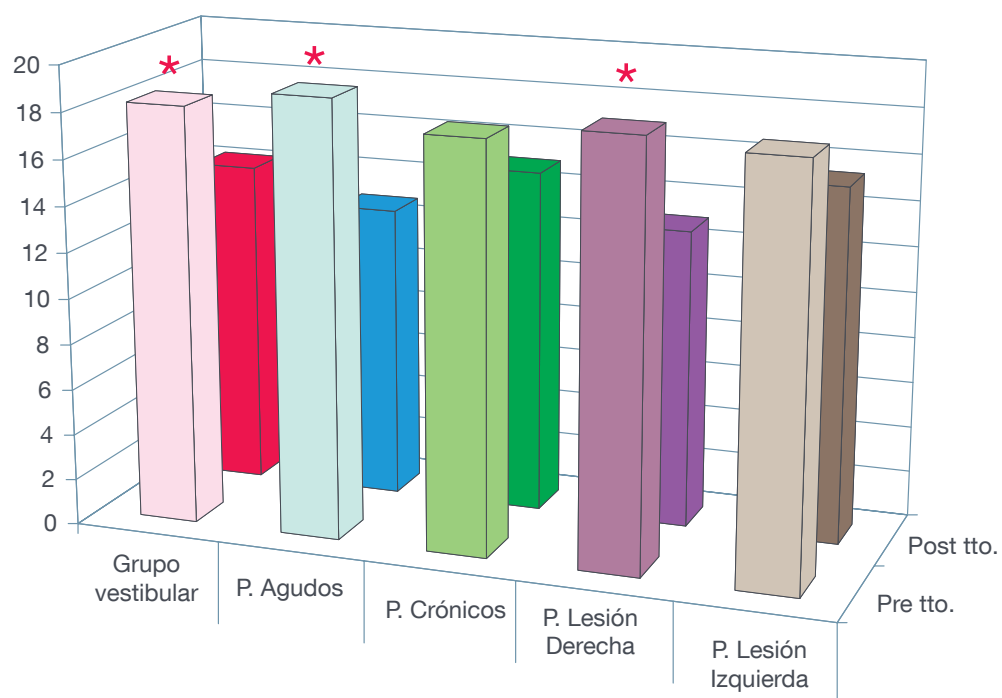


Figura 71. Valores de la percepción de discapacidad en el componente físico en relación con la lesión vestibular, medidos con el cuestionario DHI y referidos por el grupo vestibular, el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo, antes y después del tratamiento.

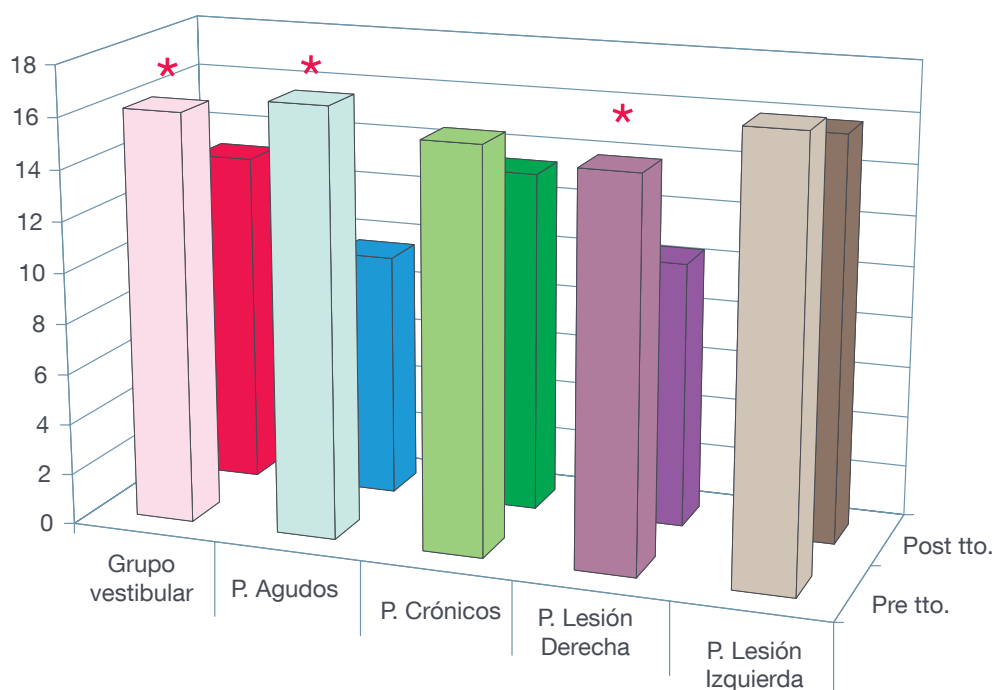


Figura 72. Valores de la percepción de discapacidad en el componente funcional en relación con la lesión vestibular, medidos con el cuestionario DHI y referidos por el grupo vestibular, el subgrupo de casos con lesión aguda o crónica y el subgrupo de casos con lesión en el lado derecho o izquierdo, antes y después del tratamiento.

Correlación en el grupo vestibular entre los valores de la escala DHI global y los valores de la posturografía, registrados antes y después del tratamiento

	DICEN SI MEJORAR						DICEN NO MEJORAR					
	(n = 22)			(n = 6)			(n = 22)			(n = 6)		
	Pre		Post	Pre		p	Pre		Post	Pre		p
	Media	DS	Media	Media	DS		Media	DS	Media	DS		
DHI Total	51,73	18,60	39,64	37,00	22,08	0,001	37,00	22,08	31,33	25,00		0,342
Emocional	14,91	10,10	10,19	12,33	9,07	0,011	12,33	9,07	9,00	9,86		0,296
Físico	19,18	6,95	14,00	14,67	7,72	0,004	14,67	7,66	13,33	9,61		0,484
Funcional	17,64	5,08	13,90	10,00	6,81	0,012	10,00	6,81	9,00	6,54		0,580
Percepción de mejoría			4,19						0,00	0,00		

Tabla 80. Comparación de los valores medios de las variables de la escala de discapacidad DHI con la puntuación total y la de los diferentes aspectos que analiza, en el grupo vestibular antes y después de la reeducación vestibular, así como la percepción subjetiva de mejoría de este grupo, diferenciando entre casos que indicaron mejoría tras el tratamiento y los que se seguían sintiendo igual.

Correlación en el grupo vestibular entre el cambio en la percepción de discapacidad global y las modificaciones en las variables de la posturografía

	Grupo vestibular	
	Correlación	p
Amplitud de oscilación en el eje Y OC	0,547	0,003
Longitud del estatocinesigrama OC	0,450	0,016
Tiempo de traslación en el eje X OC	-0,590	0,049
Sistema somestésico en el eje Y	-0,554	0,002

Tabla 81. Correlación significativa en el GV entre las modificación en el valor total de la DHI tras la RV y los cambios en las variables de la posturografía. OC: Ojos cerrados.

7

Discusión

“Oí y olvidé, vi y entendí, hice y aprendí”
Confucio

Discusión

El estudio posturográfico, en condiciones tanto estáticas como dinámicas, en personas con lesión vestibular unilateral sintomática periférica (LVU) permite objetivar la calidad de su equilibrio en el momento en el que se realiza la prueba y estimar si existe riesgo de caída (1,86). Se optó por incluir a personas con lesión en un único sistema vestibular y no con lesión bilateral, con el fin de estudiar el control del equilibrio y la percepción de la orientación cuando hay aferencias vestibulares remanentes.

Una mala calidad en el equilibrio conlleva una disminución en la percepción de calidad de vida, llegando incluso a suponer en personas en edad laboral una incapacidad permanente (118,119). De acuerdo con Cohen *et al.* (120), la evaluación posturográfica inicial no sería por sí sola un instrumento útil para excluir a los pacientes de un programa de RV, dado que es un registro puntual del equilibrio y está en función de la sintomatología del sujeto en ese momento (muy variable en procesos tales como la enfermedad de Ménière) o de la ansiedad frente a una prueba desconocida y que además puede suponer malestar físico.

Cuando entre un registro y otro se realiza un tratamiento de reeducación vestibular (RV), la evaluación final permite considerar si dicho procedimiento ha resultado eficaz porque ha ayudado a mejorar la función vestibular remanente y/o ha contribuido a la compensación vestibular de esa persona, que es el proceso por el que ciertos componentes del sistema vestibular se restauran después de que la función normal se haya visto alterada o se integra de manera más adecuada el conjunto de las aferencias sensoriales. Si además, como en el estudio que aquí se expone, se analizan los valores posturográficos y de precisión de su orientación obtenidos por un grupo de personas con LVU y se comparan con los datos de referencia medidos en un grupo control, se puede saber más acerca de qué sujetos se benefician en mayor medida de un programa de RV y si, más allá de una disminución de la sintomatología o de su percepción de discapacidad, las características de su equilibrio al finalizar el tratamiento se asemejan a las de personas sin lesión vestibular (76,112). Hemos de decir en este punto que hacer un análisis comparativo exhaustivo de todas las variables posturográficas tratadas en este estudio resultó difícil, dada la diversidad de plataformas de registro empleadas en los trabajos consultados.

Las sesiones de RV incluyeron reeducación del equilibrio en bipedestación mediante ejercicios ofertados por la plataforma Synapsis® con una base de apoyo estable o móvil, que podía ser a su vez firme o blanda. El sujeto se entrenó en la regulación de las oscilaciones del centro de presiones (C.P.), en el sentido de hacerlas más pequeñas y más adaptadas al contexto y en la adquisición de unos límites de sustentación amplios y distribuidos de manera homogénea en el espacio peripersonal derecho e izquierdo, anterior y posterior. También fue sometido a perturbaciones del equilibrio con la plataforma en movimiento o con balancín, buscando el aprendizaje de las respuestas posturales de reequilibración. Para dificultar la estabilidad de la información propioceptiva, algunos ejercicios fueron realizados sobre goma espuma. Con el fin de mejorar el componente visual del control postural, en la parte de cada sesión destinada a la reeducación visuovestibular y con la ayuda de vídeos específicos, se guió a cada sujeto en la visualización de un entorno visual en movimiento o en la estabilización de la mirada obviando el movimiento del entorno, siguiendo las pautas establecidas, entre otros, por Alghadir *et al.* (100), Badke *et al.* (121), Loader *et al.* (84) y García *et al.* (90) en sus respectivos trabajos.

Quizás las características de acercamiento y alejamiento de las animaciones de los vídeos, ángulo de aparición y dirección del movimiento de estas, motivo de las animaciones y demás características deberían haber sido diseñadas *ad hoc* para cada sujeto a partir de los conflictos visuales referidos por los pacientes y, siguiendo la opinión de Krebs *et al.* (122), de acuerdo con las deficiencias objetivas encontradas durante la exploración médica en el reflejo vestibuloocular (VOR). Peterka *et al.* (123) aseguran que este reflejo seguiría siendo asimétrico en las exploraciones con rotaciones de cabeza amplias o vigorosas, aunque Seemungal (124) afirma que el VOR puede ser normal en personas con lesión vestibular crónica.

El tratamiento fue de complejidad creciente, siempre adaptado a las posibilidades de cada paciente en cada sesión. Las sesiones del programa de RV realizadas buscaron con todo ello aumentar el rendimiento de la función vestibular mediante la compensación de la función vestibular deteriorada, mejorar la participación de los sistemas ocular y propioceptivo en el control postural en bipedestación y desensibilizar frente la sintomatología mediante lo que se conoce como habituación, que es la provocación de manera intencional y reiterada de la situación que provoca la sintomatología propia de la LVU, aumentando de esta manera el umbral de percepción de la sintomatología (99,125). Los objetivos funcionales establecidos con los ejercicios que comprendía la RV fueron comunes a todos los estudios consultados hasta la fecha, se hubieran estos realizado con una instrumentación u otra, en domicilio o de manera ambulatoria (99,100,125).

El número de sesiones del programa de RV realizadas en este estudio se estableció igualmente siguiendo lo referido en la bibliografía, realizando un número mínimo de 6 sesiones y un máximo de 10, con una frecuencia bisemanal. En aquellos pacientes que no expresaron sentirse mejor tras cada sesión a lo largo del tratamiento y también cuando la ejecución del programa de RV no suponía mayores dificultades de ejecución pese a adaptarlos a las capacidades del sujeto y a las posibilidades técnicas de la plataforma de posturografía, se efectuaron el mínimo de 6 sesiones guiadas en el hospital. Se llegó a realizar el máximo de 10 sesiones de tratamiento en aquellos sujetos que indicaron una mejoría subjetiva en los sucesivos días y en

los que se pudo aplicar una dificultad progresiva de ejercicios. Según Balaban *et al.* (99), la recuperación significativa de las personas con LVU se produce en unas 4 semanas, sin que precisen el número de sesiones, y estos autores indican que esta mejoría no se ha comprobado que sea mayor en periodos de tiempo más largos. El número de sesiones mínimo de este estudio es superior al que recomiendan Rossi *et al.* (126), quienes consideran que 5 sesiones son suficientes para la mayoría de los pacientes con LVU periférica crónica, si bien según estos mismos autores, aquellos otros con unos límites de estabilidad reducidos y, por tanto, mayor riesgo de caída serían candidatos a formar parte de protocolos de tratamiento con un mayor número de sesiones. Entre los autores que realizaron programas de tratamiento supervisados cabe citar a Duque *et al.* (89) y García *et al.* (90), con 2 sesiones a la semana durante 6 semanas en ambos casos, Giray *et al.* (87), quienes aplicaron 2 sesiones semanales durante 4 semanas, o Gottshall *et al.* (127), con una intervención de una sesión de tratamiento semanal durante 8 semanas.

También con respecto a la duración de las sesiones (unos 30-40 minutos) se coincidió con un buen número de autores, entre los que cabe citar nuevamente a Giray *et al.* (87) y Duque *et al.* (89), si bien Han *et al.* (128) o Herdman *et al.* (129) proponen sesiones de hasta 60 o 70 minutos, que quizás sean excesivamente largas dado el malestar físico y fatiga que frecuentemente se derivan de la realización del tratamiento.

Hubiera sido interesante iniciar las sesiones de tratamiento con terapia manual para lograr una mejor biomecánica podal, así como una estimulación propioceptiva de columna cervical, lumbar y de caderas y exteroceptiva de las plantas de los pies. Bittar *et al.* (130) afirman que la RV como única terapéutica no es suficiente para resolver por completo los problemas propioceptivos. En esta línea, Tsukamoto *et al.* (94) consideran que, dado que la región cervical es una de las fuentes más importantes de información propioceptiva para los núcleos vestibulares, se deben realizar ejercicios en esta zona que, de cara a facilitar la adaptación vestibular, supongan la relajación muscular, si bien Karnath *et al.* (131) apuestan por la estimulación de la propiocepción cervical a través de la vibración muscular.

Según Balaban *et al.* (99), Cohen *et al.* (132) o Devèze *et al.* (105), la compensación vestibular se ve favorecida en fases avanzadas de la RV por el reentrenamiento de la marcha en situaciones cada vez más complejas. En nuestro estudio, seguimos las pautas de los estudios de Marioni *et al.* (101), Pierchala *et al.* (133), Rossi *et al.* (134) y Yeh *et al.* (135) entre otros, y por este motivo tanto la evaluación posturográfica como las sesiones de reeducación se realizaron en bipedestación sin modificar la base de apoyo. En línea con las aportaciones de Badke *et al.* (121), los resultados de este estudio no permiten inducir de manera directa mejorías en la marcha, más allá de las apreciaciones de los participantes, dado que las sesiones no incluyeron el reentrenamiento de la misma ni la realización de giros o deambulación en situaciones visuales complejas.

Tampoco se entrenó el control postural en situaciones cognitivas complejas, por lo que de acuerdo con Pérez *et al.* (119) y Doumas *et al.* (8), los efectos del entrenamiento realizado con la plataforma no pueden ser extrapolados al desempeño funcional, dado que este precisa no solo de una integración sensorial adecuada, sino también de procesos predictivos, cognitivos y motores.

Con el fin de valorar qué tipo de pacientes se había beneficiado en mayor medida de los efectos de la reeducación vestibular, los resultados se analizaron inicialmente en la totalidad de los pacientes con LVU en comparación con el grupo control. Seguidamente se dividió el grupo de casos, de acuerdo con la duración del proceso vestibular, en pacientes agudos o crónicos. Se analizaron también los resultados de todo el GV en función de que el aparato vestibular con lesión fuera el derecho o el izquierdo, sin entrar a considerar si estos últimos eran agudos o crónicos, por lo poco representativas que hubieran sido estas muestras.

No se analizó el comportamiento de las variables en función del sexo o de la edad. En el caso del género porque las revisiones bibliográficas no hacen diferencias a este respecto (129). En el caso de la edad porque no hubo una gran variabilidad en las franjas etarias de los sujetos del presente estudio. Así, Vieira *et al.* (136), afirman tras un análisis de las oscilaciones en bipedestación en relación a la edad, que esta por sí sola no implica cambios significativos en la estabilidad postural. Cohen *et al.* (120) consiguieron una mayor independencia en las actividades de la vida diaria tras un programa de tratamiento domiciliario en 53 sujetos con LVU sin que estas mejorías estuvieran en relación con la edad, el género, el tipo de tratamiento o las características del vértigo. Herdman *et al.* (129), en su estudio de 209 pacientes con una edad media de 59 años (DS 15) (con un rango tan amplio como de 14 a 88 años), afirmaron que la edad de sus pacientes no suponía diferencias en las mejorías de la función conseguidas. De la misma manera, tampoco Pavlou *et al.* (137), con una muestra más pequeña, relacionaron las modificaciones tras el tratamiento con la edad. Sí que Horlings *et al.* (138) afirman que por encima de los 55 años las oscilaciones del tronco en bipedestación aumentan en sentido laterolateral y también el estudio experimental de Fujimoto *et al.* (139) considera que la plasticidad dependería de la edad para los neurotransmisores ácido γ -aminobutírico y dopamina implicados en los mecanismos de compensación tras lesiones vestibulares periféricas. Finalmente, también Lacour *et al.* (140) apuntan que por encima de los 70 años habría, aunque con variaciones individuales, una disminución en el número de células vestibulares sensoriales, así como una reducción en el de fibras nerviosas vestibulares y de neuronas en los núcleos vestibulares, pero esta edad es superior a la registrada en nuestro estudio, en el que los sujetos tuvieron como edad máxima 66 años.

Las personas con enfermedad de Ménière, que en ocasiones no son incluidos en los estudios debido a la inestabilidad del proceso (109,122,133,141), sí fueron tratadas en este por considerar que también podían beneficiarse de la RV.

Con la RV realizada de acuerdo a los objetivos y pautas anteriormente mencionados se consiguió mejorar el control postural y disminuir la percepción de discapacidad en relación con el trastorno vestibular en un alto porcentaje de los participantes del estudio.

Dado que los enfoques en la bibliografía consultada son muy distintos cuando se trata de abordar la calidad del equilibrio desde las pruebas posturográficas o desde la percepción de la orientación, hemos preferido tratarlas de manera separada en esta discusión. Por lo tanto, primero se analizarán las variables del control postural que se registraron con la plataforma de posturografía y seguidamente las modificaciones en las variables de las pruebas de vertical visual subjetiva y orientación visual. Es al final de esta discusión cuando se ponen en relación ambos enfoques.

Control postural registrado con la plataforma de posturografía

Control postural registrado con la plataforma de posturografía antes de la reeducación vestibular

Antes de comenzar el tratamiento la mayor parte de los valores obtenidos por los sujetos con LVU para el equilibrio estático y dinámico, así como para la prueba de organización sensorial fueron muy distintos de los valores de referencia obtenidos en los sujetos del grupo control, al igual que sucedió en el estudio de Balaguer *et al.* (1), Fujimoto *et al.* (139) y Horlings *et al.* (142). Esto significa que el equilibrio de los sujetos vestibulares era con gran diferencia de peor calidad y con un coste energético mucho más elevado que el del grupo control.

La **posturografía estática** antes de la reeducación, en la que se registra la ubicación y oscilación del C.P. en bipedestación estática, sobre una base firme tanto con OA como con OC, las variables de **posición media del C.P.** en el eje X (laterolateral) y en el eje Y (anteroposterior) no presentaron grandes diferencias entre el grupo vestibular (GV) y el grupo control (GC). No obstante, esta variable tal y como afirman Duarte *et al.* (96) no tendría mucho interés, puesto que depende únicamente de la posición absoluta de colocación del sujeto sobre la plataforma y además estaría influenciada por la morfología de cada sujeto (con más o menos grado de lordosis lumbar, con un abdomen más o menos voluminoso...).

Sí fueron significativamente mayores tanto las **amplitudes máximas de las oscilaciones** en sentido anteroposterior y laterolateral como la **longitud y superficie del estatocinesigrama**, siendo el estatocinesigrama el compendio de las oscilaciones del C.P. a lo largo del tiempo de la prueba, resultados que ya obtuvieron en sus estudios Marioni *et al.* (101) y Okumura *et al.* (143), entre otros. En condiciones normales, los órganos otolíticos informan de la posición estática de la cabeza y de su aceleración lineal y los canales semicirculares estiman su aceleración angular, pero el sistema vestibular no informa acerca de las características del movimiento del cuerpo más allá de la cabeza y solo con la información vestibular el SNC no puede distinguir si una inclinación se produce solo en la cabeza o en todo el cuerpo; para esta apreciación el sistema nervioso necesita la información proveniente del sistema propioceptivo (22,144). La mayor amplitud en la oscilación del C.P. en los pacientes del estudio tanto en la condición OA como OC, vendría explicada por una dificultad por parte del sistema nervioso para calcular con precisión las características del movimiento del tronco, dado el ruido que introducía en la integración multisensorial la información vestibular (cuando se podía disponer de ella), o bien porque las referencias visuales que el sujeto utilizó para el procesamiento del control postural quizás no eran tan buenas como para compensar la deficiencia vestibular o bien porque las aferencias propioceptivas no era estimadas suficientemente, de lo contrario los dos sistemas sensoriales remanentes tras la LVU deberían haber bastado para compensar la disfunción vestibular. Según Bisdorff *et al.* (145), quizás la anormal oscilación en los pacientes vestibulares estaría relacionada con la percepción de su orientación corporal en el espacio. Por tanto, los

sujetos del GV se comportaban de acuerdo con el patrón vestibular descrito por Doménech *et al.* (91), según quienes las personas con un déficit funcional vestibular serían incapaces de mantener una buena estabilidad cuando sólo utilizan la función vestibular, pero mejorarían su estabilidad con una buena información visual o somatosensorial.

Jeka *et al.* (146), quienes estudiaron los cambios en la oscilación a partir de la modificación de las aferencias sensoriales visuales y propioceptivas, puntualizan que los aumentos en la oscilación en los pacientes vestibulares, tanto en sentido anteroposterior como laterolateral, se deberían a una pérdida de precisión de la información relativa a la velocidad de oscilación, más que a la posición del C.P. o a la aceleración de sus desplazamientos. Además, Yeh *et al.* (135), a partir de los resultados obtenidos en un estudio en el que registraron las magnitudes de la oscilación en diferentes bandas de frecuencia de 51 sujetos pertenecientes a tres grupos de población (jóvenes sanos, ancianos y personas con inestabilidad), afirman que para cuantificar las oscilaciones asociadas al control postural, las oscilaciones del centro de presiones en sentido anteroposterior serían una mejor elección que las producidas en sentido laterolateral, de lo que discrepan Allum *et al.* (7), ya que consideran que las respuestas de traslación en el plano anteroposterior estarían poco influenciadas por la pérdida vestibular.

La amplitud de las oscilaciones en nuestro estudio fue mayor en el plano anteroposterior que en el plano laterolateral. Sin embargo, en un estudio de Mbongo *et al.* (80) en el que registraron el equilibrio estático y dinámico en un grupo de 101 sujetos con LVU y un grupo control, no encontraron diferencias significativas en las oscilaciones del C.P. Resultados similares al de nuestro estudio ya fueron referidos por Cornilleau *et al.* (64) en una población sin patología de 21 sujetos y por tanto quizás esta diferencia sea debida en parte a la morfología de la articulación tibioperoneoastragalina, diseñada para permitir el movimiento en sentido anteroposterior en relación a la cabeza del astrágalo y a la mayor longitud que anchura del pie, lo que determinaría que las mayores posibilidades de movimiento para adaptarse a las sucesivas oscilaciones sean en sentido anteroposterior. Estas respuestas automáticas, según Bloem *et al.* (27), no empezarían por el pivote de tobillo salvo que la rodilla estuviera bloqueada y efectuara movimientos mínimos, sino a partir de sensores más proximales y las respuestas musculares estarían presentes en sóleos, gastrocnemios, cuádriceps, paraespinales y trapecios. No hemos realizado en este estudio registros electromiográficos que nos permitan aportar alguna consideración al respecto.

La superficie del polígono de sustentación, comprendida dentro de los límites de estabilidad y que es la base de estabilidad funcional, y para cuyo registro los sujetos tuvieron que describir con el movimiento del cuerpo la figura de un cono invertido, fue en la medición previa al tratamiento similar en el GV y el GC. Este resultado también lo refieren Balaguer *et al.* (1), tras un registro de posturografía estática con el sistema NedSVE/IBV en un grupo de 30 sujetos con LVU y un grupo control. Esta semejanza vendría explicada, según Jeka *et al.* (146) a partir de los resultados obtenidos del control sobre plataforma sin registro electromiográfico, porque para el equilibrio en bipedestación estática sobre una base firme se hace uso sobre todo de la información de velocidad elaborada a partir de la propiocepción de pies o

tobillos por ser la más precisa, más aún con los ojos cerrados, dado que el ruido de las aferencias vestibulares es grande. No obstante, ya hemos señalado con anterioridad que autores como Doumas *et al.* (8) y Allum *et al.* (7,25,142) señalan que la respuesta postural que se desencadena en el tríceps sural, entre otros, empieza en *inputs* más proximales en el miembro inferior y caderas. Para la obtención de esta variable de superficie del polígono de sustentación, los sujetos tuvieron los pies en la plataforma sin movimiento y la mirada fija en la pantalla del ordenador situado enfrente; por tanto no era una situación en la que se produjera un conflicto sensorial que evidenciara diferencias entre unos sujetos y otros. El hecho de que los pacientes del estudio fueran autónomos para la marcha, sin requerir de ninguna ayuda técnica, habría hecho que los valores de los límites de estabilidad fueran parecidos a los del grupo control para este movimiento voluntario. A ello quizás contribuyó también la alta desviación estándar del GV, lo que supuso que no hubiera diferencias significativas en los valores de la superficie del polígono de sustentación entre el GV y el GC.

Aunque es normal que el valor alcanzado por las variables sea algo más elevado cuando se registran durante la condición de OC, el hecho de que los valores de las variables de la posturografía fueran mucho mayores con los ojos cerrados en el GV sería debido que estos sujetos ponderarían de forma muy importante la información visual. Lo que muchos autores denominan dependencia visual, supone que el mejor equilibrio se obtiene con los ojos abiertos, siempre y cuando las imágenes sean estables (91,147,148). Esta mayor necesidad de las referencias visuales estables en las personas con LVU se vería refrendada por el aumento significativo que se encontró en el cociente de Romberg, que evalúa específicamente el uso de la información visual para el mantenimiento del equilibrio y que constataría el vértigo visual o la osciloscopia referidas por los pacientes de este estudio tales como la dificultad para desenvolverse en supermercados o centros comerciales, para caminar por calles concurridas, pasar al lado de vallas o cruzar pasos semafóricos.

En la **posturografía dinámica** se evaluó el control postural de las personas con LVU en primer lugar con la **prueba de traslación**, en la que se cuantifica la **energía** que precisa una persona para recuperar el equilibrio en bipedestación cuando la plataforma realiza un movimiento inesperado y brusco y el **tiempo** que transcurre entre el desequilibrio y la recuperación de la posición. Se registró seguidamente la **prueba sinusoidal**, en la que se cuantifica a través de la variable **ganancia** la relación entre el estímulo creado por el aparato al efectuar un desplazamiento hacia delante y otro hacia atrás de manera continua y el desequilibrio provocado en el sujeto. En ambas pruebas se obtuvieron unos valores medios en todas las variables significativamente más elevados que los del GC, con la excepción de la ganancia en el eje Y con los ojos abiertos.

Dado que con ambas pruebas se valora la capacidad del sistema vestibuloespinal para recuperar el equilibrio cuando se simulan perturbaciones reales habituales que pueden provocar una caída, tales como suelos resbaladizos, subir o bajar escaleras o rampas mecánicas entre otras (85,92,149), los resultados obtenidos serían fruto de unos desequilibrios en el sujeto más importantes que el generado por la plataforma o de unos ajustes posturales reactivos excesivos, tanto con ojos abiertos como con ojos cerrados en comparación a los del grupo control. Por un

lado, durante las pruebas con OA, las aferencias visuales son lentas porque informan de la velocidad del desplazamiento de un objeto o del cuerpo respecto a una referencia visual externa, pero tienen según Senot *et al.* (150), Macpherson *et al.* (114) y Fujimoto *et al.* (121) una limitada capacidad para estimar una aceleración. Por otro lado, las aferencias somatosensoriales, dado que captan la velocidad del estiramiento muscular (sobre todo de los tendones de Aquiles y del tibial anterior en esta prueba) pero no la aceleración del desplazamiento de la plataforma, son también demasiado lentas como para influir de manera significativa en las reacciones posturales provocadas por una rápida e inesperada perturbación del equilibrio. Entonces, cualquier incremento en la oscilación postural durante el movimiento de la plataforma es considerado más propio de los desórdenes vestibulares (28,151). Sería por esto que cuando los sujetos realizaron la prueba del equilibrio dinámico con los ojos cerrados, dado que las aferencias fundamentales para la recuperación del equilibrio provenían primordialmente del sistema vestibular, el equilibrio fue aún peor y las diferencias con respecto al GC fueron aún más significativas. Según Allum *et al.* (7), se trataría más bien de que los sujetos vestibulares no serían capaces de utilizar adecuadamente la información propioceptiva en lugar de las aferencias vestibulares.

En el plano laterolateral (eje X), los valores en la posturografía dinámica de las pruebas de traslación y sinusoidal fueron menores que en el plano anteroposterior, tanto en el GV como en el GC. Esto sería debido, de acuerdo con Horlings *et al.* (142) a que las estrategias reactivas efectuadas por el sistema vestibuloespinal, si bien de una forma imperfecta en el GV, actuarían más en el plano laterolateral sobre el control del tronco, mientras que las reequilibraciones en el plano anterolateral serían efectuadas por los miembros inferiores y para ello serían más importantes las aferencias somatosensoriales. Según Horak *et al.* (148), la función primordial del sistema vestibuloespinal se centra en el plano laterolateral, como referencia vertical para el control del tronco en el espacio y es tanto más importante cuanto más inestable es la superficie de apoyo.

En el plano anteroposterior (eje Y), cuando la plataforma se desplaza hacia atrás se produce, en condiciones normales, una oscilación corporal hacia delante controlada por la activación de los músculos posteriores de tobillo, rodilla y cadera, llamada estrategia de tobillo (152). Si la desestabilización obligara al descenso del centro de gravedad, o la base de apoyo fuera muy estrecha o la torsión de tobillo insuficiente, se produciría la estrategia de cadera o una reacción de apoyo, ampliando rápidamente la base de sustentación al dar un paso (5,29,35). Según Han *et al.* (128), la estrategia de tobillo está más en relación con las aferencias somatosensoriales que con la función vestibular, mientras que la estrategia de cadera es más dependiente de la función vestibular. Creemos que quizás el uso más habitual de la estrategia de cadera frente a la estrategia de tobillo en las personas con LVU sea debida a una percepción más precaria del equilibrio, dado que dicha estrategia sucede en condiciones normales en circunstancias más exigentes de la base de apoyo. La alteración del funcionamiento del sistema vestibular en el GV sería la responsable de que las estrategias posturales ejecutadas por los miembros inferiores fueran desproporcionadas y, aunque no se registró en ellos la actividad electromiográfica, la actividad tónica observada de los extensores de cadera pen-

samos que pudo suponer un bloqueo de rodillas en hiperextensión y que, añadido a la activación de gemelos y sóleo de ambos miembros inferiores como músculos fijadores, en lugar de actuar como estabilizadores, explicaría la mala calidad de los reajustes posturales.

Observamos que en estas pruebas los sujetos con peor equilibrio realizaron en algún momento de la misma una estrategia de paso o una estrategia de agarre al arco del posturógrafo, que es el equivalente en el miembro superior a la estrategia de paso, para así crear una nueva base de apoyo. Esto se tradujo en valores menores de participación de los sistemas visual y vestibular en la prueba de organización sensorial, como se verá más adelante.

En la prueba sinusoidal, el hecho de que con los ojos abiertos el desequilibrio provocado a un ritmo constante por la plataforma fuera similar al del grupo control se explicaría porque, tras los primeros desplazamiento de la plataforma, el siguiente desplazamiento puede ser estimado y anticipado por el sujeto. De esta forma se producen ajustes posturales anticipatorios y no solamente reactivos del sistema vestibular, en los que participa la corteza cerebral, el cerebelo y los núcleos basales. Es decir, que el control postural fuera mejor podría explicarse porque cuando el desequilibrio que va a suceder puede ser estimado, la preprogramación central es más efectiva para mantener la estabilidad (128,153). En este mismo sentido, los ajustes posturales reactivos (tras latencias algo superiores a 40-60ms) que supone la prueba sinusoidal serían respuestas posturales automáticas que irían más allá de un simple reflejo miotático, dado que activan de manera sinérgica grupos musculares según patrones flexibles, adaptativos y organizados (153-155).

A tenor de los valores obtenidos en las pruebas dinámicas y de acuerdo con Ghulyan *et al.* (92), las posturografías dinámicas de traslación y sinusoidal serían útiles para discriminar entre sujetos con un adecuado control postural y sujetos con problemas para mantener dicho control y/o recuperarlo. En ambas pruebas se obtendrían, en sujetos con LVU, valores elevados en las distintas variables. En el caso de la prueba de traslación, como ya se ha comentado anteriormente, se valoraría sobre todo la capacidad de recuperación del equilibrio, mientras que en la prueba dinámica sinusoidal se analizarían ambas capacidades, tanto la de mantener y como la de recuperar el control postural.

En la tercera prueba de la posturografía dinámica, cuando se registró el **control postural sobre el balancín** antes de la reeducación, los valores obtenidos en todas las variables de **aceleración máxima, aceleración media y velocidad media**, fueron significativamente mayores con respecto a los del grupo control, con la excepción de la variable aceleración media con los ojos abiertos en el plano laterolateral que fue similar. Estos datos ponen de nuevo en evidencia la peor calidad del equilibrio en situaciones complejas en personas con LVU.

En esta prueba se registra una situación dinámica de autorregulación del equilibrio sobre un plano inestable, bien en sentido anteroposterior, bien en sentido laterolateral (112). Es una prueba háptica, en la que se pide al sujeto colocar su centro de masas en la vertical de su centro de presión. En cierto sentido, es como si tu-

vieran que colocar la fuerza de la gravedad que se ejerce sobre su cuerpo en un punto concreto del espacio, que es el C.P. dentro de su base de sustentación. Las aferencias vestibulares para la aceleración lineal y angular se producen cuando el balancín no está parado. Cuando el sujeto pierde el equilibrio sobre esta base inestable, las estrategias posturales buscan su recuperación; son los llamados ajustes posturales reactivos y se efectúan a través del sistema vestibuloespinal primero sobre el tronco en sentido laterolateral y en un segundo momento sobre el tronco en sentido anteroposterior (27). También el tracto reticuloespinal contribuye a estas reacciones posturales, sobre todo a nivel de los miembros inferiores, aunque también en el tronco. Por lo tanto, a juzgar por la calidad de los ajustes y reacciones posturales efectuadas, el peor equilibrio en esta prueba reflejaría una vez más, de acuerdo con Doumas *et al.* (8) la dificultad de los sujetos con lesión vestibular para integrar en primer lugar la información propioceptiva remanente (de tronco, caderas y secundariamente del resto de las extremidades inferiores) con la que elaborar ajustes y reacciones posturales más adecuados, y más aún en la condición de OC.

Aunque utrículo y sáculo detectan de manera primordial desplazamientos lineales, la oscilación del balancín en sentido anteroposterior presenta un cierto componente vertical, mientras que el desequilibrio en sentido laterolateral incluye un vector de movimiento horizontal. El hecho de que los valores fueran más elevados en el GV en el plano anteroposterior que en el laterolateral podría venir explicado, según Crane (156) por la mayor sensibilidad para la detección de los movimientos en el plano horizontal que en el vertical, debido a que el número de otoconias en el utrículo es significativamente mayor que en el sáculo. No obstante, nuestros resultados son opuestos a los del estudio ya mencionado de Mbongo *et al.* (80), quienes registraron oscilaciones 2 o 3 veces mayores en el plano laterolateral que en el anteroposterior y citan como posible causa la alteración en la percepción de la vertical corporal, que se vería empeorada como consecuencia de las rápidas perturbaciones de la plataforma. Quizás, como se verá más adelante, la adecuada percepción de la orientación en la mayoría de los pacientes de nuestro estudio justificaría la discrepancia de resultados entre nuestro GV y los pacientes con UVL del estudio de Mbongo.

Este mayor control del equilibrio de los sujetos del GV en el plano laterolateral, junto con el hecho de poder hacer uso de las referencias visuales, justificaría porqué los valores de la aceleración media con los ojos abiertos en este plano no fueron muy distintos entre el GV y el GC.

El **test de organización sensorial** antes de la reeducación. Este test es obtenido por la plataforma a partir de algunas variables de la posturografía estática y dinámicas e informa de la aportación que hacen los sistemas somestésico, visual y vestibular por separado al mantenimiento del equilibrio, tanto en sentido laterolateral (eje X) como anteroposterior (eje Y). Antes del tratamiento se obtuvieron valores significativamente menores en el **rendimiento de los sistemas somestésico, visual y vestibular** en ambos ejes, tal y como se podía deducir de lo señalado en apartados anteriores. Solamente la aportación del sistema vestibular al equilibrio en el eje Y, aunque presentó también valores medios menores en el GV, no fue significativamente diferente a la del GC. Este hallazgo sería esperable, dado que en ambos grupos las oscilaciones en las pruebas dinámicas antes descritas fueron menores

en el eje X que en el eje Y y el funcionamiento del sistema vestibular sería mayor, como ya se ha comentado con anterioridad, sobre el control del tronco y por tanto en las oscilaciones en el eje X (148).

El sistema vestibular fue el que con diferencia menos contribuyó al control postural en el GV, lo que ya se había evidenciado en las pruebas que dan lugar a este test. No obstante, la gran variedad de plataformas usadas en los diferentes estudios y las distintas metodologías en ellos utilizadas han hecho especialmente difícil comparar en este apartado nuestros resultados con los de otros autores. Únicamente Horak (5) refiere que en condiciones normales, sobre una base firme y estable, se confiaría en un 70% en las aferencias somatosensoriales, un 10% en la visión y un 20% en las aferencias vestibulares, pero en este estudio se registró también el equilibrio en situaciones de mayor complejidad, por lo que estos porcentajes no serían válidos para el test de organización sensorial de nuestro estudio.

No obstante, hay que precisar que el valor global del equilibrio obtenido en la prueba de organización sensorial tendría un valor limitado como medida de estabilidad postural, tal y como expresan Domenech *et al.* (91), dado que este registro se efectúa sin desplazamientos y por tanto no se valora la calidad de la marcha (incluyendo su velocidad, amplitud del paso o seguridad en los giros), ni tampoco el hecho de agacharse y levantarse, que muchas veces es evitado por las personas con LVU.

Cuando se analizaron las variables **segmentando el grupo vestibular en pacientes agudos y crónicos**, antes de la reeducación se constató que el control postural era más deficiente en los sujetos agudos que en los crónicos. No solo en la posturografía estática los primeros oscilaron más a lo largo de la prueba, sino que del mismo modo los valores alcanzados por las variables de la posturografía dinámica tradujeron un mayor gasto energético frente a los desplazamientos de la plataforma y un desequilibrio de mayor amplitud que el transmitido por esta. En el test de organización sensorial global se obtuvo una menor participación de los sistemas propioceptivo, visual y vestibular, tanto en el eje X como en el eje Y, en el grupo de pacientes agudos en comparación con los crónicos. Fujimoto *et al.* (139), en un estudio retrospectivo de estabilidad postural realizado con 58 pacientes con neuritis vestibular y 66 sujetos control, encontraron valores más altos en la posturografía cuando la duración del proceso era inferior o igual a 10 días que en duraciones mayores. Para este trabajo se estableció un periodo agudo de hasta 12 meses de evolución de acuerdo con los conocimientos actuales acerca de la neuroplasticidad. Aunque el periodo agudo en el que producen los mayores cambios ocurre entre los primeros días y hasta los 3 primeros meses aproximadamente después de la lesión y ninguno de los sujetos del grupo vestibular tenía un proceso agudo inferior a 4 meses de evolución, en las personas con una lesión crónica ya se habrían producido, aunque de manera imperfecta, mecanismos de compensación derivados de cambios neuronales en el cerebelo y tronco del encéfalo (128), mientras que en los pacientes agudos de nuestro estudio los procesos de compensación y de recuperación aún no habrían finalizado.

Carriot *et al.* (157) exponían en un estudio reciente que hay semejanzas entre el comportamiento motor observado en los sujetos con patología vestibular unilateral

aguda y los astronautas después de la vuelta a la gravedad terrestre. Mientras que en condiciones normales las respuestas vestibulares al movimiento activo se anulan cuando hay un desfase entre la estimación cerebral del feedback propioceptivo y el feedback sensorial real, tanto en astronautas como en personas con LVU aguda el feedback vestibular real (experimentado durante el movimiento generado por uno mismo), es inicialmente diferente del esperado. En el caso de los sujetos con LVU, dos tipos de inputs extravestibulares compensan la falta de aferencias vestibulares: la propiocepción y la copia eferente motriz adaptada tras la lesión que se envía al cerebelo, pero hace falta que transcurra un tiempo superior a dos semanas para que esta compensación sea posible.

Si analizamos los datos **considerando el lado en lesión**, antes de la reeducación los sujetos con lesión en el oído izquierdo no presentaron diferencias significativas en la posturografía estática respecto a las personas con lesión en el lado derecho. En la posturografía dinámica de traslación, estos mismos sujetos registraron valores mucho más elevados que los sujetos con lesión en el lado derecho y algo más elevados tanto en la prueba sinusoidal como en el registro con balancín. Todo ello parecería indicar un control postural algo peor para los sujetos con lesión en el lado izquierdo, derivado de una deficiente interpretación de las aferencias sensoriales. Si bien no se ha encontrado ningún otro estudio de intervención que analizara los resultados de su RV en función de la localización de la lesión con el que contrastar nuestros resultados, creemos que este comportamiento distinto entre uno y otro grupo es un hecho que merece la pena destacar.

Control postural registrado con la plataforma de posturografía después de la reeducación vestibular

Tras la reeducación vestibular mejoró el control postural de las personas con LVU, aunque no en todas las variables hubo cambios importantes ni en todas las personas la mejoría tuvo la misma relevancia.

Hubo una disminución de los valores medios de las variables relacionadas con la **posturografía estática** después de la reeducación del grupo vestibular, si bien esta disminución no fue significativa y las diferencias entre el GV tras el tratamiento y el GC se mantuvieron. La excepción fue respecto al cociente de Romberg, en el que sí se obtuvieron mejorías significativas, llegándose a igualar con el del grupo control.

La amplitud de las oscilaciones, al igual que había ocurrido en el registro posturográfico inicial, continuó siendo mayor en el plano anteroposterior que en el plano laterolateral, creemos que debido las posibilidades mecánicas de la articulación del tobillo (95).

El hecho de que las características de amplitud de las oscilaciones en ambos sentidos no reportara modificaciones con respecto a antes de la RV, hallazgo que coincide con el de Nardone *et al.* (159) tras un tratamiento de 10 sesiones consecutivas en 33 sujetos con alteraciones del equilibrio (14 de ellos de origen vestibular), creemos que sería debido, en parte, a que nuestra intervención no incluyó un tratamiento manual específico de la propiocepción de pies y columna cervical y de la calidad muscular (en cuanto a flexibilidad y tono muscular) y por tanto, la RV no se traduciría en mejoría de la calidad del equilibrio sobre una base fija y estable. A pesar de estos resultados tan limitados en la bipedestación estática, tras el estudio de correlación, la menor percepción de discapacidad global en el GV se estableció con la disminución en la amplitud de la oscilación en el eje Y y la menor longitud del estatocinesigrama, ambas con los OC, lo que de acuerdo con Tsukamoto *et al.* (94) se explicaría porque la posturografía estática no puede considerarse una prueba lo suficientemente sensible como para apreciar los cambios sucedidos en la calidad del equilibrio tras un programa de reeducación vestibular. Estos autores tampoco obtuvieron, tras un protocolo de rehabilitación vestibular en 20 pacientes, modificaciones importantes en estas variables, a pesar de haber resultado efectiva la intervención tanto en el control postural como en la mejora de la calidad de vida de los participantes de su estudio. Creemos además, al igual que Nardone *et al.* (159) y Ghulyan *et al.* (92), que la posturografía estática no implica una situación especialmente conflictiva desde el punto de vista de la integración de las aferencias sensoriales, lo que sería aplicable a las personas del GV, quienes pese a tener una LVU sintomática, eran autónomos para la marcha y por tanto para mantener la bipedestación estática, tanto con OA como con OC, con relativa facilidad. Ahora bien, dado que estos valores siguieron siendo significativamente diferentes a los del GC, quizás el que para la mayor parte de los sujetos con LVU del estudio no fuera una situación de gran exigencia cognitiva supondría una menor necesidad de modular de forma más óptima las aferencias sensoriales.

Dado que la variable longitud del estatocinesigrama con los ojos cerrados que recoge la longitud del recorrido del C.P. a lo largo de la posturografía estática (realizada primero con OA y luego con OC) continuó siendo significativamente diferente a la del GC a pesar del tratamiento, los resultados de nuestro estudio serían discordantes con la propuesta de Jáuregui *et al.* (160) de considerar la modificación de esta variable como referencia de la evolución a lo largo de la reeducación de los sujetos con LVU.

Después del tratamiento, sí hubo una mejoría significativa del cociente de Romberg. Nardone *et al.* (159), en el estudio antes referido, también obtuvieron mejorías en la condición de OC. Creemos, al igual que estos autores, que los pacientes ponderarían más las aferencias propioceptivas de los miembros inferiores tras el tratamiento, lo que significaría una menor necesidad de las aferencias visuales. Marioni *et al.* (101) obtuvieron los mismos resultados que los nuestros en un grupo de 15 sujetos que realizaron tratamiento, incluso cuando el cociente de Romberg se registró sobre una base de goma espuma, que perturba las aferencias propioceptivas.

Sin embargo, en la **exploración dinámica** con la **prueba de traslación** después de la reeducación sí se obtuvieron mejorías importantes. En concreto, el coste energético fue significativamente menor en el grupo vestibular, de tal forma que al finalizar el tratamiento se asemejó al de los sujetos del grupo control. La mejoría sucedió tanto en el plano anteroposterior, en el que son los miembros inferiores sobre los que fundamentalmente recaen los ajustes, como en el plano laterolateral en el que es sobre todo el tronco el que contrarresta el desequilibrio provocado desde el exterior (142). Esto querría decir que las respuestas posturales que antes del tratamiento eran hipermétricas podrían haber sido aprendidas y ajustadas gradualmente mediante ensayo y error con la ayuda fundamental del cerebelo, que según Gao *et al.* (161) es una estructura imprescindible en la adquisición y consolidación del aprendizaje motor. De hecho, se encontró una correlación significativa entre la menor percepción de discapacidad en el cuestionario DHI y la reducción en el tiempo de oscilación en la prueba de traslación con los ojos cerrados.

Los mejores resultados conseguidos en esta prueba serían debidos en parte a que mejoró la función del sistema vestibuloespinal sobre el control del tronco, pero también a que los miembros inferiores habrían disminuido su actividad fijadora para permitir un control postural más adaptado al entorno a partir de una mayor consideración de las aferencias propioceptivas. Allum *et al.* (83,162,163) y Keshner *et al.* (164), en estudios hechos con pacientes con lesión vestibular bilateral, afirman que la modulación de las respuestas correctoras frente a un desequilibrio producido en sentido anteroposterior comenzaría en las aferencias propioceptoras de la musculatura del tronco y no en las aferencias vestibulares, como se venía considerando. Estos autores encontraron que los *inputs* o entradas vestibulares en las respuestas de miembros inferiores y tronco serían limitadas, dado que los sujetos con lesión vestibular tendrían, en comparación con sujetos sin lesión, una latencia de activación de la musculatura de estos segmentos similar y que sólo habría alteración en la amplitud de respuesta de la musculatura abdominal y trapecios.

Estos cambios en el comportamiento motor, alcanzados de forma espontánea o tras la RV sucederían, según Macpherson, a nivel inconsciente y supondrían la actualización del esquema corporal del sujeto (22).

Por otra parte, y de acuerdo con Pierchala *et al.* (133), la elevada desviación estándar encontrada en las variables de energía al principio del estudio y su importante disminución en la segunda evaluación indicarían que puede haber un efecto de aprendizaje en la realización de la prueba y una disminución de estrés anticipatorio cuando esta ya era conocida en la segunda evaluación y se sabía de qué modo iba a desplazarse la plataforma.

En la **posturografía dinámica sinusoidal** después de la reeducación, los valores de la ganancia fueron algo menores y se aproximaron al valor ideal 1, aunque sin cambios tan importantes como para ser significativos. Los valores finales fueron más parecidos a los del GC, salvo para la ganancia en Y con los ojos cerrados, es decir, que en ausencia de visión los pacientes siguieron oscilando más que el desequilibrio continuo provocado por la plataforma.

Según Nardone *et al.* (159), la mayor eficacia del tratamiento con plataforma se atribuye a las perturbaciones continuas y predecibles de esta prueba sinusoidal, lo que haría que los pacientes confiaran para el control postural no sólo en los mecanismos de feedback (de la función vestibular residual), sino también en los mecanismos de anticipación (feedforward) y que si los pacientes no mejoran sería debido a un contexto anticipatorio insuficiente. Consideramos que, en nuestro estudio, la RV no aportó mejoras significativas en la prueba dinámica sinusoidal porque no habría habido una mejora en la percepción de las aferencias propioceptivas que hiciera posible ajustes posturales anticipatorios pertinentes. Pensamos que quizás hubiera sido necesaria una intervención manual, del tipo de la efectuada en pacientes con procesos neurológicos centrales, en el sentido de enseñar a disminuir el tono de la musculatura postural de los miembros inferiores, aportar estímulos propioceptivos en el tronco, sobre todo en la columna cervical y lumbar y mejorar los mecanismos de inervación recíproca entre agonistas y antagonistas en el desequilibrio anterior y el desequilibrio posterior durante el desplazamiento sinusoidal. Es interesante la aportación que hacen Brugnera *et al.* (165) quienes tras el tratamiento de 15 pacientes con un compromiso severo del equilibrio y sin cambios tras una RV inicial, sí mejoraron tras una segunda intervención con estímulos vibrotáctiles aplicados sobre la zona lumbar. Esta intervención, en línea con nuestras argumentaciones, creemos que sería debida a una mayor ponderación de las aferencias propioceptivas, fundamentales para el control del tronco.

En la **posturografía dinámica con balancín** después de la reeducación, se obtuvieron mejoras significativas en todas las variables registradas con los ojos cerrados, tanto del plano anteroposterior como del laterolateral. Se registró también una disminución de los valores medios con OA, aunque los sujetos del GV siguieron oscilando más tanto con ojos abiertos como en ausencia de visión que el GC.

Los valores alcanzados por el GV en las distintas variables fueron similares en ambos planos, lo que estaría en línea con los resultados encontrados por Bunday *et al.* (166) y se contrapone a los resultados de Mbongo *et al.* (80), quienes encon-

traron mayores oscilaciones en sentido laterolateral, debidas según estos autores a la hiperventilación y a la pérdida de la información de los canales verticales y del utrículo.

Afirman Bunday *et al.* (166) que cuando se trata de hacer frente a perturbaciones del equilibrio generadas internamente, como ocurre en la posturografía dinámica con balancín, el SNC confía más en los mecanismos anticipatorios a partir de las aferencias propioceptivas que en el feedback vestibular. Con este razonamiento se podría explicar porqué los sujetos del GV mejoraron de manera significativa tras la RV en la condición de OC. Por ello quizás la posturografía dinámica sobre balancín no valore de forma muy precisa la función del sistema vestibular, tal y como tradicionalmente se considera, sino (al menos mientras el sujeto es capaz de mantenerse en equilibrio sobre esta plataforma inestable) la capacidad para hacer uso de las aferencias propioceptivas que dan lugar a los ajustes posturales, tal y como también afirman Maurer *et al.* (167). Las reacciones posturales (en las que sí participa el sistema vestibular) tendrían lugar una vez que se ha perdido el equilibrio sobre la base móvil, cuando las aferencias propioceptivas y visuales no son suficientes para mantener el equilibrio. Significaría por tanto este resultado quizás una mejor interpretación de la información propioceptiva remanente, mientras que en la condición de OA se daría una mayor importancia a las aferencias visuales. De tal forma que en esta condición de OC, a los sujetos del GV les resultaría casi tan difícil como a los del GC realizar ajustes posturales sobre una referencia móvil (mientras que lo habitual es moverse con respecto a una referencia fija como puede ser el suelo).

Según Cousins *et al.* (147), quizás la mejoría en los sujetos crónicos no estaría tan en relación con la recuperación de la función vestibular, como con la mejor estimación de las aferencias visuales y propioceptivas.

No obstante, para poder afirmar la hipótesis anterior sería necesario explorar con más detalle la capacidad de las personas con LVU para cambiar de una modalidad sensorial visual a la propioceptiva o vestibular en el paso de la condición OA a la condición OC, lo que excede el ámbito de esta tesis.

Por todo lo dicho, quizás la posturografía dinámica sobre el balancín no sea una buena herramienta por sí sola para analizar cuantitativamente los problemas de equilibrio en sujetos con LVU, tal y como también afirman Mbongo *et al.* (80) y, menos aún si cabe, para valorar el feedback vestibular.

La organización sensorial después de la reeducación fue mejor, dado que aumentó la aportación de los sistemas aferentes visual, somestésico y vestibular al control del equilibrio, con la excepción del sistema visual en el eje Y. De hecho, esta mejoría fue significativa para el sistema vestibular en ambos ejes y para el sistema somestésico en el eje X, aunque tras el estudio de correlación se vio una asociación significativa entre la disminución en la percepción de discapacidad de la DHI y la mayor aportación del sistema somestésico en el eje Y. En definitiva, que la mejoría en la calidad de vida sería debida sobre todo a la percepción de una menor oscilación tanto en condiciones estáticas como dinámicas, debida en gran parte a la mejor interpretación de las aferencias propioceptivas.

Por tanto la RV habría sido eficaz para mejorar el rendimiento de los sistemas aferentes del equilibrio, aunque no tanto como para que las personas del GV tuvieran una organización sensorial similar al GC, dado que sobre todo el componente somestésico, el visual en el eje Y y el vestibular en el eje X seguían teniendo una participación menor en el control postural que los sujetos sin lesión vestibular.

Podría decirse que la RV, tal y como se realizó en nuestro estudio, habría sido fundamentalmente útil para mejorar la función de todos los sistemas aferentes, aunque en menor medida del visual. Tal y como ya hemos apuntado anteriormente, el que no mejorara suficientemente el funcionamiento del sistema somestésico en el eje anteroposterior podría deberse, de acuerdo con Chaudhry *et al.* (86), al acortamiento de las estructuras musculares y fasciales de los músculos gemelos y sóleo, así como al desajuste y la rigidez articular del pie (sobre todo de la articulación tibioperoneoastragalina), que se estructuraría tras un periodo prolongado con una biomecánica inadecuada. A pesar de no haber medido estos aspectos, la observación de una hiperextensión mantenida en las rodillas de los sujetos del estudio haría suponer este tipo de alteraciones musculoesqueléticas, que se derivarían del aumento de tono de la musculatura extensora de los miembros inferiores.

El que no mejorara la aportación del sistema visual creemos que podría ser debido o bien a que la ponderación de estas aferencias ya era muy importante al comienzo del tratamiento, o a que el tratamiento visual con los vídeos en pantalla de ordenador plana utilizados no se adecuó suficientemente a las necesidades de los pacientes. De hecho, aunque un gran número de sujetos refirió conflictos visuales en la evaluación inicial, no a todos ellos los vídeos les supusieron malestar físico durante su visualización. La excesiva necesidad de información visual estable en el eje Y podría haber sido tratada de manera más precisa con flujos ópticos verticales en sentido ascendente y descendente, que son los que producen oscilación en el eje Y hacia atrás o hacia delante respectivamente, de acuerdo con Tsutsumi *et al.* (46). Guerraz *et al.* (168), también opinan que el entrenamiento de flujos ópticos es fundamental para reducir la dependencia visual y mejorar el uso de las entradas vestibulares y propioceptivas. Además, según Bittar *et al.* (130), debe ser diseñado específicamente de acuerdo con las necesidades de cada sujeto a partir de la exploración otoneurológica (que incluiría el estudio del VOR). Hay que tener en cuenta que la asimetría en el VOR puede persistir de manera crónica (de 1 a 5 años) durante los movimientos activos de la cabeza, si bien el nistagmo espontáneo desaparece en torno al primer mes (123); es más, el VOR pasivo (provocado con una agitación de la cabeza del paciente por parte del examinador) no se recupera habitualmente en sujetos con LVU crónica a pesar de haber realizado RV (47). Creemos por ello que debería ser un dato de referencia, a partir del cual pautar las estimulaciones visuales de la RV. Si además se visualizaran los flujos ópticos con sistemas de realidad virtual inmersiva, creemos que ayudaría de manera más eficaz a la adaptación no solo del VOR, sino también del resto de movimientos oculares, más que los ejercicios visuales llevados a cabo en este estudio, porque se podría llevar a cabo una manipulación de las aferencias visuales. Habría además que favorecer los inputs del movimiento visual periférico, dado que para la RV visual serían más importantes que los del movimiento visual central (foveal). Discrepamos de la opinión de Balaban *et al.* (99), quienes consideran prioritarios los ejercicios de es-

tabilización de la mirada frente a otro tipo de ejercicios visuales, dado que, según ellos, mejorarían notablemente la estabilidad postural. Consideramos que con ello sólo se facilitaría la excesiva dependencia de las referencias visuales estables, que es lo que se pretende minimizar con la RV.

Además, suscribimos la opinión de Migliaccio *et al.* (79) que la reeducación visual debería ser asimétrica, porque únicamente el lado lesionado necesita mejorar y por ello si el tratamiento se realizara también hacia el lado no afectado se estaría estimulando una sobrecompensación del movimiento ocular, lo que podría haber sucedido a tenor de los resultados tras la RV de nuestro estudio.

Queremos insistir en el hecho de que el valor global del equilibrio obtenido en la prueba de organización sensorial tendría un valor limitado como medida de estabilidad postural (91). En un estudio retrospectivo de Badke *et al.* (121), efectuado en 20 pacientes con un programa de ejercicios, no se encontraron diferencias antes y después en el test de organización sensorial, pero sí presentaron una mejoría funcional en el equilibrio, la agudeza visual y la estabilidad de la marcha después de la fisioterapia vestibular.

Aunque los mejores resultados de la posturografía tras la RV, de acuerdo con Pierchala *et al.* (133), pueden deberse en una pequeña parte a un efecto de aprendizaje con respecto a la primera evaluación, el programa de RV seguido por los participantes de este estudio, aún teniendo sus limitaciones significó en gran medida una mejoría de su control postural.

Ya en los años 40, Cawthorne y Cooksey (101) se dieron cuenta de que los pacientes con disfunciones vestibulares unilaterales que realizaban ejercicios específicos para este problema resolvían mejor sus síntomas y se recuperaban más rápido que los pacientes que no los hacían. Aunque no se ha encontrado un sistema de tratamiento que sea más eficaz que los demás (72,125), cualquier tratamiento mejora las condiciones basales del sujeto, puesto que se facilita el proceso de plasticidad espontáneo del sistema vestibular para aumentar la resolución de la lesión y la compensación por parte SNC de la parte de función vestibular irremediablemente perdida. De este modo se pueden resolver las alteraciones del equilibrio mediante el proceso neuroplástico que sucede gracias a la actividad neuronal y neuroquímica activada por los conflictos sensoriales experimentados en ausencia de información vestibular (165). No obstante, los programas supervisados han demostrado ser más eficaces que los realizados en domicilio, pese a tener estos últimos un seguimiento periódico (141), y por eso en este estudio optamos por realizar las sesiones de RV de manera ambulatoria.

Estamos de acuerdo con Lacour *et al.* (140) cuando afirman que las pautas de reeducación deberían ser individualizadas para cada paciente, de acuerdo con la naturaleza de su proceso y con sus estrategias de compensación particulares, que parten de la preferencia de modulación de las aferencias sensoriales, algo que es propio de cada persona, incluso en ausencia de lesión vestibular. De esta manera, el mejor tratamiento sería aquel que se adaptara a los requerimientos de cada sujeto, en función del rendimiento de cada uno de sus sistemas aferentes y eferentes de orientación espacial y control postural.

Rossi *et al.* (134) proponen efectuar programas de tratamiento basados en posturografía computarizada dinámica para aquellos pacientes con una limitación en los inputs vestibulares y propioceptivos, mientras que aquellos que presentan una necesidad excesiva de referencias visuales se beneficiarían en mayor medida de un tratamiento con estimulación optocinética. Nosotros no hicimos esta distinción en los participantes en el GV, aunque la posibilidad de la realidad virtual inmersiva y el avance de los conocimientos neurocientíficos invitan a mejorar los distintos programas actuales de reeducación vestibular y por supuesto el nuestro.

Con la RV se consigue un nuevo control motor que se incorpora a la memoria motriz del sujeto. Para afianzar este control motor mejorado, los pacientes debían haber realizado un mantenimiento. En este sentido, se informó al finalizar las sesiones a los integrantes del GV en los que el tratamiento fue efectivo, de la necesidad de mantener una actividad física o de realizar ejercicios tipo Cawthorne y Cooksey con una dificultad e intensidad crecientes en su domicilio, de lo contrario los efectos obtenidos podrían no mantenerse. No obstante, esta recomendación no ha sido contrastada en este estudio, dado que la evaluación de la efectividad del tratamiento se realizó de manera inmediata a la finalización del mismo, pero nos basamos en lo señalado por Hillier *et al.* (72), en una revisión traducida de Cochrane, de que en los estudios con una evaluación de seguimiento de 3 a 12 meses se habían mantenido los efectos positivos de la RV.

Un motivo que podría haber influido en los efectos del tratamiento es que los pacientes del GV debían desplazarse de manera bisemanal al hospital para realizar el tratamiento, algunos incluso desde largas distancias (de unos 90 - 130 km), lo que supuso de alguna manera una estimulación visual y vestibular añadida al tratamiento.

Si analizamos la efectividad de la RV en función de la duración de la lesión, aunque el grupo de los pacientes agudos fue algo menor, el tratamiento parece que resultó más efectivo en estos que en los pacientes crónicos. El hecho de que mejoraran en mayor medida los sujetos en fase aguda podría deberse a que el periodo inmediato posterior que sigue a una lesión aguda es muy sensible a estimulaciones de tipo visual y somatosensorial, tal y como afirman Devèze *et al.* (105) y Herdman *et al.* (129).

Después de la RV, los sujetos agudos de nuestro estudio presentaron una menor necesidad de las aferencias visuales para el control postural en situación estática, lo que supuso, además de la disminución significativa del cociente de Romberg, una oscilación menor en torno al C.P. Estos resultados se podrían explicar por una mejoría en la función del sistema somatosensorial. En la posturografía dinámica, estos pacientes agudos mejoraron su control postural no tanto en las pruebas sinusoidal y de traslación, en las que seguía habiendo respuestas hipermétricas y poco económicas, sino en la posturografía sobre balancín. Estos resultados no tan óptimos como sería deseable en las pruebas de traslación y sinusoidal se deberían, por una parte, a la gran variabilidad en el comportamiento postural, pero también a un menor rendimiento del sistema vestibular y a un conflicto en la interpretación de las informaciones aferentes.

Con el balancín, los ajustes y reacciones posturales para la autorregulación del equilibrio fueron más adecuados, tanto en el tronco como en los miembros inferiores, y lo fueron de manera significativa en todas las variables obtenidas con los ojos cerrados. Esta mejoría podría ser debida a una información más precisa por parte del sistema vestibular en las tareas de recuperación del equilibrio, pero sobre todo a la mejor estimación por parte del SNC de las aferencias propioceptivas. Por el contrario, con los ojos abiertos estos sujetos en fase aguda todavía tendrían una mayor necesidad de las referencias visuales y no serían capaces de cambiar de la modalidad sensorial visual a la propioceptiva, a diferencia de lo que sí harían los sujetos del GC al cerrar los ojos.

En el test de organización sensorial se obtuvo mejoría en el rendimiento de los sistemas somestésico y vestibular, cada uno de ellos en un eje. De esta manera, los pacientes agudos del GV consiguieron, al finalizar el tratamiento, un comportamiento postural algo más parecido al del grupo control, aunque todavía alejado de los valores de referencia aportados por este.

Cuanto más tempranamente se realiza la reeducación vestibular con mayor rapidez comienzan los procesos de compensación y de recuperación de la función vestibular periférica, que de otra manera, como afirman Fujimoto *et al.* (139) podrían ser más imperfectos y/o más lentos. Marioni *et al.* (101) aseguran que la reeducación vestibular acelera y facilita la compensación a nivel central a través de los mecanismos de habituación, mejora la adaptación del VOR y y de los reflejos vestibuloespinales y aumenta el proceso de sustitución. Efectivamente, la reeducación vestibular por un lado mejora la función vestibular, pero también favorece los mecanismos de compensación, entendidos como aquellos que complementan la función vestibular deteriorada. Creemos que debería ser instaurada lo antes posible, quizás cuando pasado un breve periodo tras la lesión, se compruebe con la exploración ORL, posturográfica y de percepción, que el proceso de neuroplasticidad espontánea no está siendo eficaz. Con la RV se pretende que el paciente module de manera más adecuada las órdenes motrices, pero también que sea capaz de cambiar de modalidad sensorial en función del contexto para ejecutar un control postural más preciso. Por ello insistimos, a la vista de los resultados, en que las estrategias motrices que de manera espontánea adquiere el sujeto tras la lesión, y que no siempre son eficaces, sean corregidas antes de que se instauren como su nuevo control motor.

En los pacientes crónicos no se obtuvieron mejores resultados en la posturografía estática, si bien el valor del cociente de Romberg fue menor. Frente al desequilibrio de la prueba de traslación, y a diferencia de los sujetos agudos, las respuestas en ellos fueron significativamente más ajustadas en el eje X. El que los sujetos crónicos mejoraran significativamente en casi todas las variables de la prueba de traslación, a diferencia de los sujetos agudos, creemos que podría deberse a una mejoría no tanto en la función vestibular, al igual que sugieren Cousins *et al.* (147) cuando los síntomas se han cronificado, sino a la integración de las aferencias propioceptivas o la menor necesidad de la información visual tras la RV. Por otra parte, Fujimoto *et al.* (139) constataron que la inestabilidad postural perduraba de manera crónica en aquellos sujetos con una disfunción inicial severa.

En los sujetos crónicos, la velocidad y aceleración con el balancín generadas por la pérdida de equilibrio sobre el eje X con OC fueron significativamente menores, pero seguían mostrando para esta prueba dinámica una gran ponderación de las aferencias visuales y una estimación insuficiente de las aferencias propioceptivas, sobre todo el sentido anteroposterior.

El hecho de que mejoraran los sujetos en fase aguda pero también, aunque algo menos, los pacientes en fase crónica podría indicar, tal y como indican Han *et al.* (128), que no existe un periodo crítico para llevar a cabo la reeducación vestibular, más allá del cual los sujetos que no han sido tratados no puedan mejorar su funcionalidad. También Nardone *et al.* (159), tras un programa de RV realizado en 14 sujetos con problemas de equilibrio de origen vestibular de meses o años de duración sin tratamiento de equilibrio previo, encontraron mejorías significativas. Resultados similares fueron recogidos por Bouccara *et al.* (102), quienes refirieron mejorías funcionales en el 85% de los casos agudos y crónicos tratados.

La recuperación en el control postural parece estar asociada a una disminución en la ponderación de las aferencias visuales (160) y la excesiva necesidad de dichas referencias explicaría la cronificación de la sintomatología en los pacientes con LVU, habiendo una pobre correlación entre los indicadores de función vestibular y la cronificación de los síntomas (147). En sentido contrario, Horak (148) sostiene que los pacientes con una LVU que compensan mejor son aquellos que utilizan más la función vestibular remanente en el oído no afectado en lugar de aumentar su función visual o somatosensorial. Nosotros creemos que la recuperación depende de que el SNC aprenda a modular para cada situación las aferencias sensoriales que tengan una menor variabilidad.

El que únicamente mejorara de manera significativa en la prueba de organización sensorial el rendimiento del componente somestésico en sujetos con lesión aguda y no en pacientes crónicos podría ser debido, de acuerdo con Chaudhry (86), tal y como se ha comentado con anterioridad, a la modificación de las condiciones musculoesqueléticas de los miembros inferiores. Este hecho podría hacer que los sistemas aferentes propioceptivos fueran menos efectivos. Por lo tanto, sería necesario completar el tratamiento, especialmente en los sujetos crónicos, con técnicas manuales o instrumentales para favorecer la capacidad informativa de receptores articulares, husos neuromusculares y órganos tendinosos de Golgi de miembros inferiores y tronco.

El que no hubiera mejoría en el rendimiento del sistema visual sería explicado en los sujetos crónicos, según Bronstein *et al.* (169) y Devèze *et al.* (170), por una mala adaptación, que sería contraria a las estrategias de recuperación clínica, de tal manera que la estrategia de equilibrio sería en ellos visuodependiente. En el test de organización sensorial, los sujetos crónicos obtuvieron una mejoría cuasi significativa de la función vestibular en el eje anteroposterior, aunque siguieron presentando un rendimiento vestibular inferior al de los sujetos del grupo control en el eje laterolateral. Esto traduciría deficiencias todavía manifiestas del sistema vestibuloespinal en el control postural y vendría a corroborar los estudios de Horak *et al.* (148), Mbongo *et al.* (80) y Horlings *et al.* (142), en el sentido de que la función del sistema vestibuloespinal (medial) es preponderante sobre el control del tronco

y por tanto en los ajustes posturales del eje laterolateral, aunque también actuaría a través del fascículo vestibuloespinal lateral aumentando la actividad de la musculatura extensora de los miembros inferiores en contra de la gravedad.

Cuando analizamos la efectividad de la RV en función de la **lateralidad de la lesión**, se comprueba que fueron los sujetos con lesión en el lado derecho los que presentaron un equilibrio estático más parecido a los del grupo control, aunque siguieron siendo sus oscilaciones mayores que las de estos con los ojos cerrados, por lo que seguirían requiriendo en gran medida la información visual en la condición estática. Estos pacientes obtuvieron valores en las variables de la posturografía dinámica de la prueba de traslación significativamente menores, por lo que las reacciones posturales serían tras el tratamiento más ajustadas al desplazamiento de la plataforma. Además, el hecho de que en la prueba con balancín mejoraran significativamente estos pacientes con lesión en el lado derecho (tanto agudos y crónicos) en las variables registradas con ojos cerrados, hasta alcanzar valores muy similares a los del GC, indicaría nuevamente, al igual que ya señalamos con el grupo de sujetos agudos, que estos pacientes tras la RV serían capaces de hacer un mayor uso con los ojos cerrados de la información propioceptiva para elaborar las respuestas posturales. A la vista de estos resultados insistimos en la idea de que quizás la posturografía dinámica sobre balancín no valore tanto la función del sistema vestibular cuando el sujeto puede mantener el equilibrio dentro de su base de sustentación, sino la capacidad para hacer uso de las aferencias propioceptivas que dan lugar a los distintos ajustes y reacciones posturales. Tampoco parece que la posturografía estática sea una prueba lo suficientemente sensible como para apreciar los cambios sucedidos en la calidad del equilibrio tras un programa de reeducación vestibular, tal y como afirman Ghulyan *et al.* (92).

La organización sensorial mostró modificaciones significativamente mejores, de tal modo que la participación somestésica y vestibular fue muy similar a los sujetos del GC, únicamente con una mayor necesidad de la información visual en el eje Y en los sujetos del GV. Estos resultados quizás fueran debidos a un control postural más adecuado obtenido a partir de una mejor estimación de las aferencias, pero con una reeducación visual insuficiente.

Los valores de todas las variables de la posturografía dinámica después del tratamiento siguieron siendo más elevados en el grupo de los sujetos con lesión en el lado izquierdo que en los del lado derecho. Además, los sujetos con lesión en el lado izquierdo (agudos o crónicos) no presentaron mejores resultados ni en la posturografía dinámica con balancín ni en el test de organización sensorial después del tratamiento. Al igual que los sujetos crónicos, siguieron teniendo un rendimiento vestibular inferior al de los sujetos del grupo control en el eje laterolateral, derivado del deficiente control del tronco en las reacciones posturales.

Es un hecho llamativo que se obtuviera un comportamiento postural en general más deficiente en sujetos con lesión en el lado izquierdo, tanto antes como después de la RV, sin dependencia de la etiología o de su cronicidad y sólo tendría su explicación en la dominancia vestibular hemisférica derecha de los sujetos diestros (que fue la lateralidad presentada por todos los sujetos del GV). Se ha demostrado mediante irrigación calórica y estimulación galvánica del sistema vestibular peri-

férico que, aunque hay una activación las áreas pertinentes en ambos hemisferios cerebrales, aparece claramente una predominancia de la función vestibular cortical en el hemisferio no dominante (el derecho para los sujetos diestros y quizás el izquierdo para los sujetos zurdos) (43,44,124,171). Dieterich *et al.* (171,172) aseguran incluso que podría ser la ubicación de la dominancia del sistema vestibular la que determinaría el tener, con el miembro superior, una lateralidad diestra o zurda. Las vías visuales y somatosensoriales, de acuerdo con estos autores, tendrían un predominio cerebral contralateral. Todos los sujetos de grupo vestibular fueron diestros y por tanto se asume la dominancia de su hemisferio derecho para la función vestibular. De esta manera, las lesiones del sistema vestibular del lado izquierdo en sujetos diestros precisarían de manera especial de un tratamiento asimétrico que privilegiara las reacciones y ajustes posturales, de lo contrario se vería favorecida la plasticidad del hemisferio derecho para el sistema vestibular. Esto podría justificar la no mejoría de los sujetos con lesión en el lado izquierdo. Suponemos que ocurriría lo mismo en sujetos zurdos con lesión en el lado derecho, quienes también requerirían de manera especial de un tratamiento asimétrico, esta vez sobre el hemicuerpo derecho. No se ha encontrado ningún otro estudio de intervención que analice los resultados en función del lado en lesión con el que comparar nuestros resultados, por lo que nuestras afirmaciones deben ser consideradas con prudencia a la espera de poder confirmar, bien aumentando el tamaño muestral o bien comparando con otros trabajos que sean publicados en un futuro, los hallazgos que aquí mencionamos.

Percepción de la orientación

Con nuestro estudio pretendimos valorar la integración de las aferencias vestibulares, pero también propioceptivas (fundamentalmente de la nuca) y visuales, en la percepción de la orientación de los sujetos con LVU participantes en comparación con el GC. El hecho de que el ratón del ordenador fuera con una bola y no con joystick permitió anular cualquier referencia háptica para la orientación de las líneas de nuestro trabajo, a diferencia del estudio de Carriot *et al.* (55), en el que a los sujetos de su estudio se les pidió colocar en posición vertical una pequeña barra moviéndola con ambas manos.

Percepción de la vertical subjetiva antes y después de la reeducación vestibular

Recordemos que la prueba de la vertical visual subjetiva (VVS), también denominada en las diferentes referencias bibliográficas vertical subjetiva o vertical visual estática (dado que el entorno visual es estático), es una tarea de orientación clásicamente utilizada para evaluar la función otolítica en la que se le pide al sujeto que coloque una barra en la posición que para él es la vertical (18,44,173). Mientras que las pruebas calóricas de la exploración ORL evalúan los canales semicirculares, esta prueba de la estimación de la vertical subjetiva es especialmente utilizada para cuantificar la disfunción utricular más que la sacular y ha sido abordada sobre todo en estudios realizados en neuritis vestibulares tras los primeros días de evolución (173,174).

Un error superior a 2° en la percepción de la vertical subjetiva con respecto a la vertical objetiva es considerado anormal por Ogawa *et al.* (174) y Schubert *et al.* (18). Sin embargo, Cohen *et al.* (175) opinan que las diferencias que encontraron entre los sujetos de su grupo control y los del grupo vestibular eran sutiles y por ello afirmaron que no era un test útil para detectar una posible disfunción vestibular. Tabak *et al.* (62) afirman que valores por encima de 1° en la percepción de la VVS ya deberían ser considerados como indicativos de una asimetría vestibular y valores por encima de 2° como excesivos y estos errores pueden existir incluso años después del comienzo de una afección vestibular, aun cuando no haya sintomatología (170,173).

Nuestro análisis de las pruebas psicofísicas en relación con la percepción de la VVS mostró de forma sistemática que los sujetos con LVU, ya fueran los casos agudos, crónicos o las lesiones del oído derecho o izquierdo, presentaban un **error variable** o variabilidad en sus respuestas significativamente mayor que los sujetos del grupo control. Esta circunstancia se mantenía después del tratamiento, donde el valor medio de la variabilidad en la vertical subjetiva para el grupo vestibular fue 1,1 (DS -0,6°). Nuestros resultados concordarían con los de Tabak *et al.* (62), quienes analizaron la VVS en 32 sujetos con LVU crónica y observaron que la reproducibilidad de los sucesivos ensayos en los pacientes de su estudio fue menor que en los sujetos del grupo control. Sin embargo, los sujetos de su estudio presentaban, en conjunto, menor variabilidad que los nuestros (0,33° en los sujetos con LVU y 0,20° en los sujetos control de nuestro trabajo).

En cuanto al **error constante** de la vertical subjetiva, que es la media de los errores cometidos por el sujeto, antes del tratamiento el grupo de sujetos vestibulares no presentó diferencias significativas respecto al grupo control. El valor medio del grupo control fue $-1,0$ (DS $-1,9^\circ$) y el del grupo de sujetos con lesión vestibular fue $-1,1$ (DS $-2,4^\circ$) antes del tratamiento y $-0,9$ (DS $-2,8^\circ$) después del tratamiento. Esta falta de diferencia entre nuestros grupos está en acuerdo con los estudios consultados, donde está descrito que la percepción de la vertical subjetiva está alterada en la fase aguda de la LVU, tanto por la torsión ocular como por la disparidad de las aferencias sensoriales, con una desviación de la VVS generalmente ipsilateral al lado en lesión, pero que debería ser adecuada pasados los primeros días de esta fase aguda, incluso a pesar de que años después de la lesión el reflejo oculomotor pueda no ser normal (70,145,176,177). Esta normalización se debería a que las aferencias somatosensoriales compensan muy rápidamente esta deficiencia de apreciación de la vertical.

A pesar de que los valores medios en el error constante que encontramos en nuestro estudio fueron sutiles, no por ello han de ser menospreciados, tal y como afirman Tabak *et al.* (62). Es interesante señalar que los hallazgos dignos de destacar en nuestro estudio se produjeron no en la totalidad del GV ni entre sujetos agudos y crónicos, sino entre los pacientes con lesión en el lado derecho o izquierdo, ya fueran sus procesos agudos o crónicos. En este sentido, después del tratamiento se encontró una diferencia significativa en la percepción de la vertical subjetiva en el grupo de sujetos con lesión vestibular en el oído derecho respecto al grupo con lesión en el oído izquierdo. El valor medio de la percepción de la vertical subjetiva después del tratamiento para el grupo con lesión en el oído derecho fue de $0,4$ (DS $-1,7^\circ$) y para el grupo con lesión izquierda fue $-2,1$ (DS $-3,1^\circ$) (esta diferencia antes del tratamiento no llegaba a ser significativa pero mostraba ya esa tendencia, con un valor para la significación de $0,07$). Es un hecho reseñable que antes del tratamiento el grupo con lesión en el lado derecho desviara su valor medio de error constante hacia la derecha de la línea gravitacional, mientras que después del tratamiento lo hiciera hacia la izquierda, con unos valores considerados normales puesto que eran inferiores a 1° (18, 54, 171), mientras que el grupo control se encontrara en el límite de la normalidad, con 1° de desviación hacia la derecha. Este valor elevado para el grupo sin patología vestibular podría ser debido a que su media de edad era de 55 años, teniendo el 87% de los sujetos una edad igual o superior a 50 años (hasta los 66 años). Esta es una edad a partir de la cual, según Crane *et al.* (156), la pérdida de otolitos justificaría una precisión significativamente inferior en la estimación de la VVS con respecto a la efectuada por las personas más jóvenes.

Ahora bien, si en lugar de tomar como referencia el error de la orientación a 0° respecto a la gravedad, usamos como referencia el valor de la desviación de la VVS de nuestro grupo control (1° hacia la derecha), el grupo con lesión en el oído derecho percibió, de forma significativa, su VVS inclinada a la izquierda respecto al grupo control, mientras que el grupo de pacientes con lesión en el lado izquierdo tenía una percepción de la vertical subjetiva inclinada hacia la derecha, aunque no significativa.

Para poder explicar este comportamiento aparentemente dispar, debemos hacer mención al estudio de Luyat *et al.* (178), quienes refirieron que el tamaño de la barra utilizada para el estímulo visual, así como el género de los sujetos, son parámetros que pueden influenciar la desviación de la VVS y que es necesario homogeneizar la forma de realizar este tipo de test de orientación para entender los resultados aparentemente contradictorios de las publicaciones referentes a este tema. Si comparamos el ángulo de visión de nuestro estímulo (de 12,4°) con los ángulos que estos autores estudiaron (de 0,95° el ángulo de visión más pequeño y de 18,92° el más amplio), el ángulo utilizado en nuestro estudio y determinado por el tamaño de la barra (de 65 mm) sería más bien amplio, lo cual iría en el sentido de encontrar una desviación de la VVS hacia el lado de la inclinación de la cabeza. Algunos estudios realizados en sujetos sanos utilizan la inclinación de la cabeza para amplificar la desviación de la VVS, debido en gran parte al reflejo vestibuloocular que induce una contratorsión ocular. En nuestro estudio no pedimos a nuestros sujetos que inclinaran la cabeza, pero es conocido que los sujetos con LVU presentan una torsión del polo superior ocular hacia el lado de la lesión vestibular debido a este mismo reflejo (62). Esto quiere decir que una lesión del oído izquierdo implica una torsión ocular del polo superior hacia la izquierda. Si consideramos que esta torsión es equivalente a la que ocurre en un sujeto sano cuando inclina la cabeza hacia la derecha, nuestro tipo de estímulo debería inducir una desviación hacia la derecha en los sujetos con lesión izquierda y viceversa. Estas dos precisiones, la del tamaño de la barra y la del comportamiento de la torsión ocular, podrían explicar la desviación contralateral a la lesión que encontramos en nuestros sujetos con LVU.

Al igual que el tamaño del estímulo, el factor género también influencia la desviación de la VVS según la inclinación de la cabeza, de forma que las mujeres tienden a desviar la VVS hacia el mismo lado que la desviación de la cabeza, mientras que los hombres tienden a desviar la VVS al lado contrario de la desviación de la cabeza (178). A pesar de que no pudimos hacer un estudio estadístico del género en función del lado de la lesión vestibular debido al número reducido de pacientes de cada subgrupo, es interesante señalar que, de forma general, las mujeres eran más numerosas en ambos grupos (lesión en el oído derecho e izquierdo), lo cual también iría en el sentido de encontrar una desviación de la VVS hacia el lado contrario de la lesión, es decir, al mismo lado que la contratorsión ocular, pero para poder confirmar esta explicación deberíamos haber medido la torsión ocular en nuestros pacientes, medición que por razones técnicas no fue realizada.

El hecho de que las diferencias significativas aparecieran tras el tratamiento nos hace pensar que, además de la influencia de la torsión ocular, algún otro cambio operado tras la RV sobre el control postural podría haber sido relevante para entender esta modificación. Encontramos entonces que en la posturografía dinámica con balancín los pacientes con lesión en el lado derecho después del tratamiento disminuyeron de forma significativa la velocidad y aceleración de los desplazamientos del centro de presión con ojos cerrados en ambos ejes, cambio que no se produjo en el grupo con lesión en el lado izquierdo. Esta disminución ilustraría una mejora significativa del control del equilibrio con ojos cerrados, revelando una mejora en la integración de las informaciones somestésicas y vestibulares tras el tratamiento, tal y como ya se ha comentado en la primera parte de la discusión.

Esta modificación, en el sentido de una mejor ponderación de la información somestésica, podría explicar también los cambios observados en la VVS tras el tratamiento en este grupo de pacientes con lesión en el lado derecho. Los sujetos con lesión en el lado izquierdo mostraron una percepción de la vertical subjetiva más deficiente, quizás debido nuevamente a la dominancia vestibular en el hemisferio derecho de los sujetos diestros, que dificultaría la integración de las aferencias sensoriales cuando la lesión se produce en el sistema vestibular izquierdo (172).

Percepción de la vertical subjetiva y de la orientación visual a 90° antes y después de la reeducación vestibular

Recordemos que la percepción de la vertical visual subjetiva supone una tarea cognitiva distinta a la de la percepción de la orientación visual en la que se solicita una replicación de la orientación de una barra cuando esta deja de ser mostrada. Aunque ambas tareas requieren la integración de la información de los receptores vestibulares, visuales y somestésicos, en la percepción de la vertical subjetiva se pide al sujeto que defina un marco de referencia gravitacional, es decir, que oriente una línea en función de su estimación de la gravedad, mientras que en la tarea de orientación visual es necesario percibir y guardar en la memoria de trabajo la orientación de un estímulo visual sobre el que no se dan indicios respecto al marco de referencia a utilizar, pudiendo por tanto hacer uso de informaciones gravitacionales, propioceptivas o visuales para resolver la cuestión.

También sabemos que el reconocimiento de la orientación vertical es más preciso que el de las orientaciones oblicuas, lo que constituye el llamado efecto del oblicuo (54,66,179) y que la fuerza de la gravedad no es el factor determinante para que este fenómeno se produzca (66,98), sino que esta representación visual se construye en función del entorno visual, el gravitacional, así como del eje de la retina y de la cabeza (66,178,180-183). Por ello, el análisis detallado de las respuestas de nuestro grupo de sujetos podría ser relevante para entender la percepción de la línea de gravedad y su influencia en la orientación de las personas con LVU.

De forma general, el **error constante** entre la prueba de percepción de la VVS y la prueba de orientación visual (OV) con la barra de referencia en la vertical no fue diferente para el grupo control, como tampoco lo fue para el grupo de personas con lesión vestibular antes del tratamiento.

El análisis del **error variable** en las respuestas nos informa de forma indirecta sobre la estabilidad de los marcos de referencia utilizados para la orientación por cada grupo de sujetos, según la propuesta de que el SNC pondera de forma más importante las informaciones sensoriales con menor varianza (184-187). Pudimos ver entonces que tanto el grupo de sujetos control como el grupo de sujetos con lesión vestibular, ya fueran agudos, crónicos, o con lesión en el oído derecho o izquierdo, todos de forma sistemática presentaban una variabilidad significativamente mayor en las respuestas dadas para la prueba de OV (con una presentación de la barra a 90°) que en la prueba de la VVS. Después del tratamiento esta alta variabilidad en los sujetos con LVU no se observó. Sin embargo, a pesar de que existían diferencias entre el GC y el GV en cuanto a la variabilidad de las respuestas para la VVS, en la OV no encontramos diferencias significativas entre el grupo control y el grupo de pacientes, ni antes ni después del tratamiento. En este sentido, nuestros

resultados mostrarían que la percepción de la orientación vertical de una barra, que se refiere a la prueba de orientación visual a 90°, representaba el mismo nivel de dificultad para el GV y el CG, a pesar de que los pacientes con LVU presentaron una información vestibular que introducía más ruido en el marco de referencia. El hecho de que para ambos grupos la variabilidad fuera más importante en la prueba de orientación visual que en la VVS, iría en el sentido de que para los dos grupos la dificultad de la tarea para la orientación visual fue mayor. Sin embargo, es interesante señalar que la variabilidad fue más alta en la VVS para el grupo de pacientes con LVU respecto al grupo control. Este hecho ilustra claramente que la referencia gravitacional es menos estable en los pacientes con LVU, pero que en la tarea de OV (90°) la ponderación de esa referencia gravitacional perdería importancia respecto a las otras entradas sensoriales (visuales y somestésicas).

Dado que nuestros resultados muestran la pérdida de estabilidad de la referencia gravitacional en los sujetos con LVU más allá del cuarto mes tras la lesión, sería interesante en un futuro realizar esta misma prueba en un grupo de sujetos que hayan sufrido una LVU pero que hayan compensado de forma espontánea dicha lesión. Si las personas que alcanzan una compensación de los síntomas de forma espontánea presentasen una variabilidad de la VVS semejante a las de personas sin lesión, habría argumentos interesantes para pensar que quizás la falta de estabilidad de la referencia gravitacional sea una de las bases de la no compensación y de la perpetuación de la sintomatología vestibular.

Dado que después del tratamiento realizado no hubo cambios en la variabilidad de las respuestas, sabemos que el tipo de reeducación empleado en este estudio no permitiría obtener una percepción de la referencia gravitacional más estable. Una pregunta interesante que nos podemos hacer como fisioterapeutas es si podemos desarrollar e implementar un programa de reeducación que nos permita trabajar la estabilidad de la percepción de esta referencia gravitacional terrestre y si un resultado positivo tendría consecuencias sobre el control postural y la sintomatología de los pacientes con LVU.

Después del tratamiento, como se acaba de señalar, el error variable no se vio modificado. Sin embargo, el error constante del grupo de pacientes con lesión vestibular izquierda después del tratamiento presentó una diferencia significativa en la prueba de OV (90°). Tras el tratamiento respondían con una barra significativamente más inclinada a la derecha que antes del tratamiento, dado que el valor medio del error constante de OV (90°) antes del tratamiento fue de -0,7° (DS -3,3°) y de -2,0° (DS -3,3°) después del tratamiento. La desviación hacia la derecha en las respuestas fue concordante con los resultados de McIntyre *et al.* (66), quienes al inclinar la posición de los sujetos sentados en un asiento 22.5° a la izquierda, obtuvieron también una respuesta hacia la derecha de la barra vertical con respecto a la posición sin inclinación del asiento. Este resultado es coherente con el hecho de que los sujetos con LVU tienen tendencia a inclinar la cabeza y el tronco hacia el lado de la lesión (188). Los sujetos de nuestro estudio con lesión en el lado derecho, a pesar de estar forzados a tener tanto el tronco como la cabeza en posición vertical por la colocación de la cara dentro del túnel con el que se realizaron las mediciones, se percibían inclinados hacia la izquierda y viceversa.

Además, es interesante destacar que tras el tratamiento, el valor de la OV (90°) fue más próximo a las respuestas dadas para la VVS (-2,1 con una DS de -3,1° después del tratamiento). Podríamos pensar que esta aproximación de las respuestas de la VSS y OV (90°) supone una coherencia alcanzada gracias a una modulación en los marcos de referencia utilizados por los sujetos con LVU, conseguida tras el tratamiento (47). Si estos datos los ponemos en relación con los datos de la posturografía, después del tratamiento los sujetos con lesión del oído izquierdo mejoraron de forma significativa en el cociente de Romberg gracias a una ponderación más importante de las entradas somestésicas. Este razonamiento estaría en concordancia con las afirmaciones de Lopez *et al.* (40), quienes consideran que, en ausencia de aferencias otolíticas, la percepción de verticalidad y de orientación arriba – abajo recae fundamentalmente en las aferencias somatosensoriales. También Barra *et al.* (54) consideran que hay una aportación del sistema propioceptivo a la estimación de la vertical, dados los resultados encontrados en estudios en pacientes con ictus o lesión medular, quienes presentan una disminución de las aferencias somestésicas graviceptivas, en los que hay errores en la apreciación de la verticalidad. Quizás esta ponderación mayor de la información somestésica en los sujetos de nuestro estudio sea la base de una reorganización del marco de referencia utilizado para la percepción en este test de orientación en la modalidad visual. Análisis que profundizaran en esta cuestión deberían ser abordados en próximos estudios.

Percepción de la orientación visual antes y después de la reeducación vestibular

Estudiar en pacientes con LVU una tarea sensoriomotriz, como es reproducir la orientación de un estímulo visual, nos puede permitir entender cómo el sistema vestibular se encuentra implicado en la generación de la información espacial, necesaria para nuestras actividades de la vida diaria (12). En sujetos sin patología vestibular, el análisis de los errores direccionales y de la variabilidad en las respuestas en función de la orientación del estímulo ha demostrado que los primeros presentan un comportamiento anisotrópico, es decir que los errores en las respuestas difieren en función de la dirección del estímulo visual. Por otro lado, la variabilidad en las respuestas permite identificar el conocido [efecto del oblicuo](#) que implica, como ya se ha comentado con anterioridad, que la identificación de las orientaciones horizontal y vertical es más reproducible que las direcciones oblicuas (66,98,179,186,189).

Nuestros resultados muestran que los sujetos del grupo control tenían el mismo comportamiento anisotrópico que los sujetos sanos del estudio de McIntyre *et al.* (66) e incluso que el grupo de astronautas que realizaron este mismo test (98). Este comportamiento se caracteriza por una expansión en los ángulos que se encuentran próximos a 90° (vertical) y 0° (horizontal), es decir que las respuestas dadas para los ángulos -22,5° y 22,5° (equidistantes de 0°) se separan casi simétricamente de la horizontal y lo mismo ocurre para las respuestas dadas para los ángulos 67,5° y 112,5° (equidistantes de 90°) (190-192).

De forma interesante, nuestro grupo de sujetos con LVU se comportaba de modo idéntico a los sujetos del grupo control. No fue así cuando separamos a los sujetos

del grupo LVU en relación con la duración del proceso patológico que les aquejaba y, de forma sorprendente, los sujetos en fase aguda perdían este comportamiento anisotrópico mientras que los sujetos en fase crónica lo mantenían. Esta expansión desaparecía para los ángulos próximos a la horizontal, mientras que se mantenía para aquellos otros ángulos próximos a la vertical. En el mismo sentido fueron también las diferencias observadas entre el grupo control y el grupo de sujetos con lesión en el oído derecho, pero no en el grupo de sujetos con lesión en el oído izquierdo.

McIntyre *et al.* (66) realizaron este mismo test inclinando a los sujetos en un asiento hacia la derecha o la izquierda. En la prueba semejante a la nuestra en la que la referencia se presentaba en la modalidad visual y la respuesta se daba en la misma modalidad, estos autores no encontraron diferencias significativas entre las 3 condiciones de inclinación del asiento (posición vertical, inclinada hacia la derecha o hacia la izquierda) y las direcciones de las referencias visuales, es decir que el efecto del oblicuo desaparecía para las posiciones inclinadas al crear un conflicto con la información vestibular. Este hecho condujo a estos autores a concluir que el origen de estas anisotropías era de naturaleza egocéntrica (en relación con el eje del cuerpo) y no aloécéntrica (en relación con el eje gravitacional). Esta explicación nos hace pensar que quizás los sujetos en fase aguda de nuestro estudio habrían perdido su referencial egocéntrico, mediante el que se ubican los estímulos periféricos a partir de la referencia del propio cuerpo. Por el contrario, el que los sujetos en fase crónica lo presentaran, significaría que con el tiempo este referencial egocéntrico se reconstruye, a pesar de la alteración de las aferencias vestibulares, gracias a las aferencias propioceptivas (musculoesqueléticas y viscerales) y táctiles.

Cuando segmentamos el grupo de sujetos en función de la lesión, encontramos diferencias, pero exclusivamente para el grupo con lesión derecha. La primera cuestión que exploramos fue si el número de casos agudos era más importante en el grupo de lesiones del lado derecho que del izquierdo, y como se puede observar en las tablas de resultados, no fue el caso (en el grupo con lesión derecha había 7 casos agudos de un total de 19 y el grupo con lesión izquierda lo constituían 5 casos agudos de un total de 18), por tanto la distribución de los sujetos no era tan desigual como para que sirviera para explicar la diferencia significativa en el error constante. Por eso, siguiendo la propuesta de que el efecto del oblicuo es un proceso que implica un marco de referencia multimodal en relación con la percepción del eje del cuerpo y de la vertical gravitacional (66,193), pensamos que la diferencia entre nuestros dos grupos (sujetos con lesión en el lado derecho o en el lado izquierdo) podría estar justificada por la percepción de la orientación del eje del cuerpo y de la vertical subjetiva. Si nos basamos en la percepción de la vertical subjetiva, como ya hemos descrito en el punto anterior, los sujetos con lesión en el oído derecho, comparados con el grupo control, percibirían la vertical subjetiva inclinada hacia la izquierda. McIntyre *et al.* (66), encontraron que los errores constantes de los sujetos colocados en un asiento que se inclinaba a la izquierda diferían de los obtenidos con la inclinación del asiento a la derecha y de los de la posición vertical, únicamente para las angulaciones de 0°, 45° y 90°. Encontraron igualmente una expansión de las respuestas, es decir, que es como si estos ángulos se hubiesen transformado en los ángulos -22,5° y 67,5°, respectivamente, o lo que es lo mismo, como si los sujetos se sintiesen rotados 22,5° hacia la izquierda. Esto querría decir que la componente gravitacional tiene

más importancia cuando se inclina el cuerpo a la izquierda que cuando se inclina a la derecha. Por todo lo dicho, ese referencial egocéntrico que subyace a la anisotropía presente en la percepción de la orientación estaría influido por la componente gravitacional de forma más marcada en las inclinaciones hacia la izquierda.

Los resultados obtenidos en nuestro estudio tras el tratamiento irían en ese sentido, ya que las diferencias con respecto al grupo control desaparecieron después del tratamiento únicamente en el grupo con lesión en el oído derecho. Si, como hemos ido exponiendo en el apartado de la discusión dedicado a la posturografía, los resultados nos llevan a suponer que la reeducación vestibular realizada mejoró principalmente la integración de las aferencias somatosensoriales para el control postural, el que las diferencias presentes antes del tratamiento para el grupo con lesión en el oído derecho desaparecieran sería acorde con la idea de haber realizado una RV que se fundamentó en el referencial egocéntrico.

Percepción de discapacidad

Es frecuente que en los estudios que incluyen un procedimiento de RV se registre la percepción de discapacidad antes y después del tratamiento como un indicador de la efectividad del mismo. Habitualmente para las lesiones vestibulares se utiliza el cuestionario de calidad de vida DHI, puesto que es específico para estos trastornos sintomáticos (112,119,141). Recordemos que valora la percepción de discapacidad en relación con aspectos emocionales (consecuencias psicológicas), físicos (limitaciones en la capacidad motriz) y funcionales (incapacidad para realizar actividades de la vida diaria, relacionadas con la actividad laboral o social).

Dado que la percepción de discapacidad está sobre todo en relación con la calidad del equilibrio y no tanto con la percepción de la orientación, los resultados del cuestionario DHI (antes y después de la RV) y de la percepción de mejoría subjetiva se han relacionado fundamentalmente con la parte del estudio realizado con la plataforma de posturografía.

Los valores más altos en esta escala DHI estarían en relación con dificultades mayores para mantener el equilibrio en la prueba de posturografía.

Percepción de discapacidad antes de la reeducación vestibular

Los sujetos del GV de nuestro estudio, que eran todos autónomos para la deambulación, describieron antes de comenzar el tratamiento un grado de discapacidad moderado (entre 47 y 49 puntos) y entre los diferentes ámbitos que valora este cuestionario, fue el aspecto físico el que les suponía a todos ellos una mayor percepción de discapacidad, este grado de discapacidad fue percibido tanto por los sujetos agudos como por los crónicos, o con lesión en un lado o en el otro. Estos valores fueron similares a los referidos por Kao *et al.* (158) y Tsukamoto *et al.* (94) y algo inferiores a los de Rossi *et al.* (134). Más alejados fueron nuestros valores iniciales de los 61 puntos indicados por estos últimos autores en otro estudio de características similares (126) o los de Giray *et al.* (87).

Percepción de discapacidad y de la mejoría subjetiva tras la reeducación vestibular

La mejoría obtenida en las variables de la posturografía y en el test de organización sensorial se vio ratificada con la mejor percepción de calidad de vida medida con el cuestionario DHI. De tal manera que la puntuación de la percepción de discapacidad tras el tratamiento disminuyó de manera global en 10 puntos en el GV y todos los sujetos refirieron entonces un grado de discapacidad moderado. Kao *et al.* (158) afirman que la mejoría significativa de la clínica se da cuando hay modificaciones en el DHI iguales o superiores a 18 puntos y que esta cuantía sería más apropiada para valorar la efectividad de una reeducación vestibular. No obstante, Topuz *et al.* (141), consideraron que había mejoría con el tratamiento si se obtenían valores en el DHI final inferiores a 2 puntos con respecto a la valoración inicial, por lo que la disminución en 10 puntos en los sujetos del GV podría considerarse válida como para afirmar que la RV fue efectiva.

En concreto, 8 de los 29 sujetos (26%) del GV que finalizaron el estudio manifestaron una mejoría igual o superior a 18 puntos, resultados algo inferiores a los de Tsukamoto *et al.* (94), aunque ninguno de los sujetos del estudio de estos autores ni de nuestro trabajo puntuó cero al finalizar la RV.

La disminución de percepción de discapacidad en el aspecto emocional de la DHI en los sujetos integrantes del GV pudo deberse en parte a la realización del tratamiento en el hospital con una supervisión directa, frente a la realización autónoma de ejercicios en el domicilio, lo que quizás supuso un estímulo positivo en su estado de ánimo.

Los resultados globales en el cuestionario DHI son mejores que los logrados por Rossi *et al.* (134), quienes no encontraron beneficios a corto plazo en la percepción subjetiva de sus pacientes, aunque sí una mejoría en el equilibrio. Serían unos resultados similares a los de García *et al.* (90) y a los conseguidos por Jáuregui *et al.* (160).

Sin embargo, no se consiguió una reducción de la percepción de discapacidad tan notoria como en el estudio de Giray *et al.* (87), quienes tras un programa de tratamiento similar al nuestro, con ejercicios de adaptación, sustitución, desensibilización visual y equilibrio en 20 pacientes crónicos obtuvieron valores de 42 puntos tras la intervención. La diferencia en los resultados quizás sea debida a que los pacientes del estudio de Giray debían realizar 2 veces al día de manera autónoma una serie de ejercicios pautados, además del tratamiento supervisado en el hospital, lo que supuso un número mucho mayor de sesiones.

Cuando a nuestros pacientes se les solicitó que valoraran su mejoría subjetiva tras la RV, el 79% de los pacientes tratados refirieron distintos grados de mejoría subjetiva, un 21% afirmó no encontrarse mejor y ningún sujeto afirmó sentirse o peor o mucho mejor tras el tratamiento. Estos resultados son algo superiores al 73% obtenido por Perez *et al.* (119) con un programa de RV de características similares a las de nuestra intervención.

Los sujetos que indicaron mejoría subjetiva tras el tratamiento presentaron una mejoría significativa en su equilibrio y en la escala de discapacidad y los sujetos que no refirieron mejoría, efectivamente no presentaron grandes cambios con respecto a su equilibrio inicial, por lo que esta percepción sería coherente con los datos objetivos.

Cuando se valoraron los **cambios en el cuestionario DHI según la duración de la lesión**, los sujetos agudos disminuyeron en 16 puntos su percepción de discapacidad después del tratamiento (discapacidad leve), mientras que los pacientes crónicos lo hicieron en 7 puntos (discapacidad moderada). Por ello se podría decir que la mejoría fue percibida en mayor medida por los sujetos agudos, de acuerdo también con los resultados de la posturografía. Mejores resultados refirieron Topuz *et al.* (141), pero el tratamiento comprendió un número mucho mayor de sesiones. En el estudio de Perez *et al.* (119), la RV supervisada también resultó exitosa. A diferencia de los resultados de este autor, según los cuales 9 de los sujetos participantes empeoraron en la valoración de la DHI debido a una desadaptación al tratamiento y a un empeoramiento de su sintomatología, ningún sujeto de nuestro estudio se sintió peor con la intervención.

De todos los aspectos analizados en el cuestionario DHI: el emocional, el físico y el funcional, fue este último el que menos mejoró y lo hizo por igual tanto en los sujetos agudos como en los crónicos, lo que vendría a apoyar la idea ya expresada en apartados anteriores de que los resultados de este estudio no permitirían inducir de manera directa mejoras en la marcha ni en otras capacidades funcionales, dado que no se hizo un tratamiento específico de dichas capacidades.

Al analizar los **cambios en el cuestionario DHI según la ubicación de la lesión**, los sujetos con lesión en el lado derecho tuvieron al finalizar el tratamiento una percepción de discapacidad leve (13 menos que al comienzo del tratamiento, con una DS de 15 puntos), frente a la discapacidad moderada apreciada por las personas con lesión en el lado izquierdo (7 puntos menos que en la primera evaluación, con una DS de 15 puntos). Estos resultados estarían en relación con la mayor mejoría objetiva obtenida en el posturógrafo en el grupo de pacientes con lesión en el lado derecho y con su mejor percepción de la VVS después de la RV. En ambos casos, el aspecto físico, al igual que había ocurrido en la valoración inicial, fue el que supuso un mayor grado de discapacidad, aún cuando este aspecto puede alcanzar en este cuestionario una puntuación máxima de 28 puntos, frente a los 36 de los aspectos emocional o funcional. No se ha encontrado ningún otro estudio de intervención que haya analizado las modificaciones de la DHI secundarias al tratamiento en función del lado de la lesión, por lo que nuestra aportación sería novedosa respecto a lo publicado hasta el momento.

Los pacientes con enfermedad de Ménière, que como hemos comentado al inicio de esta discusión a menudo no son incluidos en los estudios debido a la inestabilidad del proceso, manifestaron mejoría en el cuestionario DHI y en su control postural.

8

Limitaciones del estudio

A decorative background of interlocking gears in a lighter blue shade, positioned behind the title text.

Limitaciones del estudio

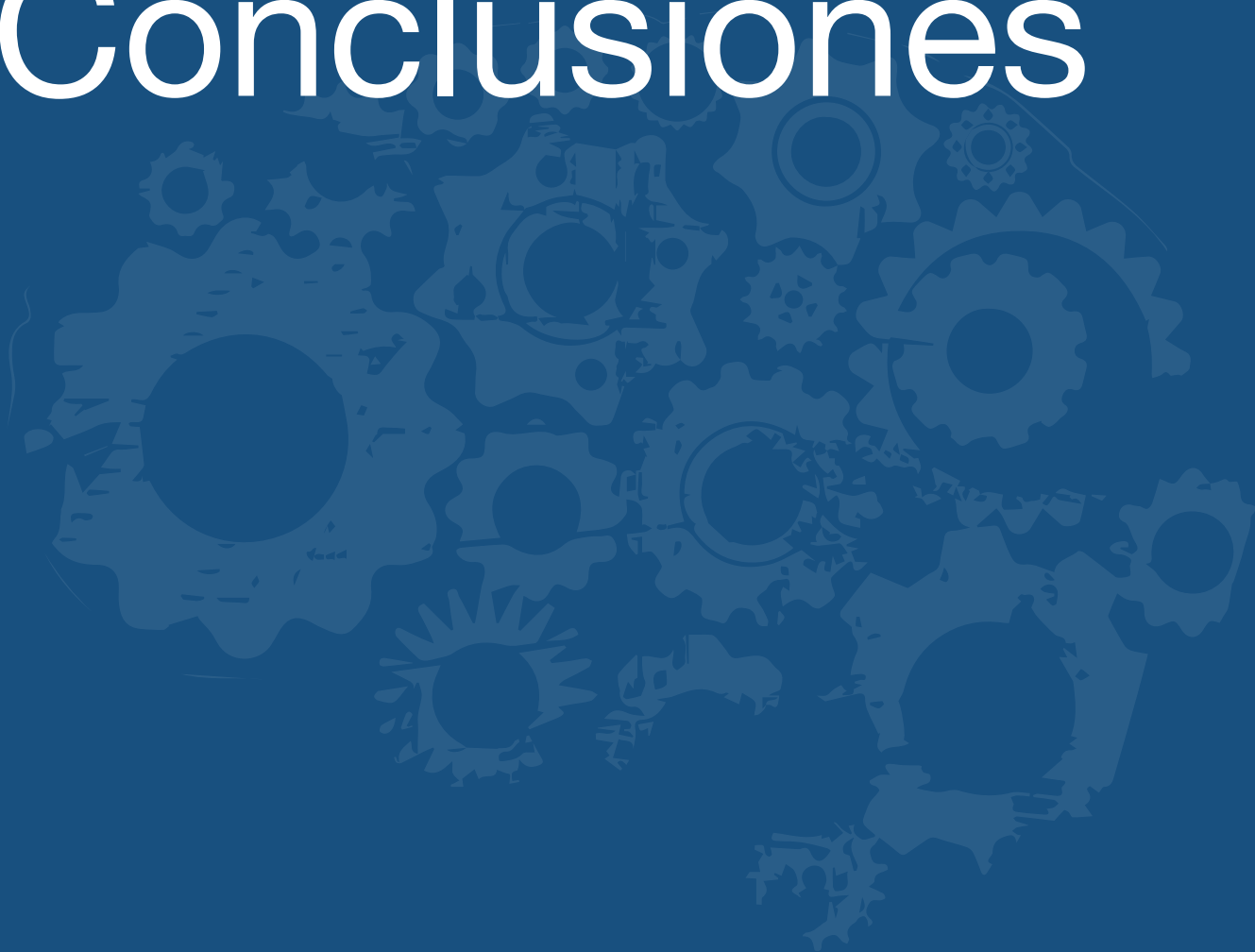
El no haber podido comparar los resultados obtenidos en la posturografía con pruebas calóricas de la función vestibular hizo que solo se pudiera suponer una mejoría en el funcionamiento del sistema vestibular como consecuencia de la reeducación llevada a cabo.

El no haber cuantificado el grado de torsión ocular impidió ponderar su implicación en los resultados de las pruebas de la vertical visual subjetiva

Finalmente, el no haber podido tratar a un número mayor de sujetos con reeducación visual inmersiva imposibilitó valorar la aportación de los estímulos visuales modulados por estos dispositivos en el tratamiento de personas con alteraciones del equilibrio y de la orientación debidos a una LVU.

9

Conclusiones



Conclusiones

- 1.- La reeducación vestibular con la plataforma de posturografía utilizada en este estudio contribuyó a una mejor calidad del control postural en condiciones de equilibrio en bipedestación estática y dinámica.
- 2.- La reeducación vestibular realizada con plataforma posturográfica facilitó sobre todo una mejor integración de las aferencias propioceptivas, pero no proporcionó una referencia subjetiva de la gravedad más estable.
- 3.- Los beneficios de la reeducación vestibular fueron mayores para los sujetos con procesos vestibulares inferiores a un año de duración.
- 4.- La reeducación fue menos efectiva en los participantes con lesión en el oído izquierdo. La asimetría hemisférica para la integración vestibular requiere, en personas con lateralidad manual derecha y lesión vestibular izquierda o en personas con lateralidad manual izquierda y lesión vestibular derecha, de una reeducación vestibular asimétrica.
- 5.- La prueba de la vertical visual subjetiva evidenció que los sujetos con LVU tenían dificultades en la integración de la aferencia gravitacional y que la lateralidad de la lesión era determinante para la percepción de la vertical, siendo peor en los sujetos con lesión en el sistema vestibular izquierdo.
- 6.- La prueba de orientación visual puso de manifiesto la alteración del referencial egocéntrico en los sujetos en fase aguda y su recuperación en la fase crónica. Esta recuperación del referencial egocéntrico fue posible, a pesar de la alteración de las aferencias vestibulares, por la mejor integración y ponderación de las aferencias propioceptivas y táctiles preservadas.
- 7.- La percepción de discapacidad disminuyó en los sujetos que mejoraron su control postural gracias a la reeducación vestibular.

10

Referencias
bibliográficas

The background of the lower half of the image features a pattern of interlocking gears in various shades of blue, creating a mechanical or industrial aesthetic.

Referencias bibliográficas

- (1) Balaguer-García R, Pitarch-Corresa S, Baydal-Bertomeu JM, Morales-Suárez-Varela MM. Posturografía estática con pruebas dinámicas. Utilidad de los parámetros biomecánicos en la valoración del paciente vestibular. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2012;63(5):332-338.
- (2) Lempert T, Neuhauser H. Epidemiology of vertigo, migraine and vestibular migraine. *J Neurol* 2009 Mar;256(3):333-338.
- (3) Neuhauser HK, Lempert T. Vertigo: epidemiologic aspects. *Semin Neurol* 2009 Nov;29(5):473-481.
- (4) Bisdorff A, Bosser G, Gueguen R, Perrin P. The epidemiology of vertigo, dizziness and unsteadiness and its links to co-morbidities. *Front Neurol* 2013;4:29.
- (5) Horak FB. Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls? *Age Ageing* 2006 Sep;35 Suppl 2:ii7-ii11.
- (6) Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook A. Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders. *Phys Ther* 1997 May;77(5):517-533.
- (7) Allum JH, Oude Nijhuis LB, Carpenter MG. Differences in coding provided by proprioceptive and vestibular sensory signals may contribute to lateral instability in vestibular loss subjects. *Exp Brain Res* 2008 Jan;184(3):391-410.
- (8) Dumas M, Krampe RT. Adaptation and reintegration of proprioceptive information in young and older adults' postural control. *J Neurophysiol* 2010 Oct;104(4):1969-1977.
- (9) Scherer M, Schubert MC. High-velocity angular vestibulo-ocular reflex adaptation to position error signals. *J Neurol Phys Ther* 2010 Jun;34(2):82-86.

- (10) Martín-Sanz E, Barona-de-Guzmán R, Comeche-Cerverón C, Baydal-Bertomeu JM. Análisis de la interacción visuo-vestibular y la influencia visual en el control postural. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2004;55:9-16.
- (11) Gil-Carcedo LM editor. *Otología*. 2ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2004.
- (12) Angelaki DE, Cullen KE. Vestibular system: the many facets of a multimodal sense. *Annu Rev Neurosci* 2008;31:125-150.
- (13) MacDougall HG, Curthoys IS. Plasticity during vestibular compensation: the role of saccades. *Frontiers in Neurology* 2012;3(21):1-9.
- (14) Chéron G. Neurofisiología del movimiento. Aprendizaje motor. EMC - Kinesiterapia - Medicina Física 2011;32(4):1-10.
- (15) Cheron G, Dan B, Marquez-Ruiz J. Translational approach to behavioral learning: lessons from cerebellar plasticity. *Neural Plast* 2013;2013:853654.
- (16) Dokka K, Kenyon RV, Keshner EA, Kording KP. Self versus Environment Motion in Postural Control. *PLoS Comput Biol* 2010 02/19;6(2):e1000680.
- (17) Keshner EA, Kenyon RV. Postural and Spatial Orientation Driven by Virtual Reality. *Stud Health Technol Inform* 2009;145:209-228.
- (18) Schubert MC, Minor LB. Vestibulo-ocular physiology underlying vestibular hypofunction. *Physical Therapy* 2004(4):373-385.
- (19) Rivera-Rodriguez T, Cobeta-Marco I, Echarrí-Sanmartín R. El paciente vertiginoso. *Medicine* 1998;7(101):4706-4716.
- (20) Rama J, Perez N. Characterisation of the influence exerted by the visual factor in patients with balance disorders. *Rev Neurol* 2004 Sep 16-30;39(6):513-516.
- (21) Gagey PM, Weber B. *Posturología. Regulación y alteraciones de la bipedestación*. Barcelona: Elsevier - Masson; 2001.
- (22) Macpherson JM, Horak FB. Posture. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Siegelbaum SA, Hudspeth AJ, editors. *Principles of neural science*. Fifth edition ed. USA: McGraw-Hill Companies; 2013. p. 935-959.
- (23) Pearson KG, Gordon JE. Spinal reflexes. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Siegelbaum SA, Hudspeth AJ, editors. *Principles of neural science*. Fifth edition ed. USA: McGraw Hill-Companies; 2013. p. 790-811.
- (24) Nashner LM, Black FO, Wall C, 3rd. Adaptation to altered support and visual conditions during stance: patients with vestibular deficits. *J Neurosci* 1982 May;2(5):536-544.
- (25) Allum JH, Bloem BR, Carpenter MG, Hulliger M, Hadders-Algra M. Proprioceptive control of posture: a review of new concepts. *Gait Posture* 1998 Dec 1;8(3):214-242.

- (26) Gruneberg C, Duysens J, Honegger F, Allum JH. Spatio-temporal separation of roll and pitch balance-correcting commands in humans. *J Neurophysiol* 2005 Nov;94(5):3143-3158.
- (27) Bloem BR, Allum JH, Carpenter MG, Honegger F. Is lower leg proprioception essential for triggering human automatic postural responses? *Exp Brain Res* 2000 Feb;130(3):375-391.
- (28) Creath R, Kiemel T, Horak F, Jeka JJ. The role of vestibular and somatosensory systems in intersegmental control of upright stance. *J Vestib Res* 2008;18(1):39-49.
- (29) Raine R, Meadows L, M. Bobath concept. Theory and practice in neurological rehabilitation: Wiley-Blackwell; 2009.
- (30) Schepens B, Drew T. Strategies for the integration of posture and movement during reaching in the cat. *J Neurophysiol* 2003 Nov;90(5):3066-3086.
- (31) Yakovenko S, Drew T. A motor cortical contribution to the anticipatory postural adjustments that precede reaching in the cat. *J Neurophysiol* 2009 Aug;102(2):853-874.
- (32) Cardinali DP. Neurociencia aplicada: sus fundamentos. 1ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2007.
- (33) Bronstein AM, Pavlou M. Balance. *Handb Clin Neurol* 2013;110:189-208.
- (34) Boleas-Aguirre MS, Pérez-Fernández N, Sánchez-Ferrándiz N. Vértigo posicional paroxístico benigno. *Salud Rural* 2006;23(5):35-74.
- (35) Goldberg ME, Walker MF, Hudspeth AJ. The vestibular system. In: Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Siegelbaum SA, Hudspeth AJ, editors. *Principles of neural science*. 5ª ed. USA: McGraw-Hill Companies; 2013. p. 917-934.
- (36) Escudero-González M, Delgado-García J. Sistema vestibular. *Fisiología Humana*. Cuarta ed. México, D.F.: McGraw Hill; 2010. p. 240-249.
- (37) Kiernan JA, Rajakumar N. El sistema vestibular. In: Kiernan JA, Rajakumar N, editors. *El sistema nervioso humano. Una perspectiva anatómica*. 10ª ed. Barcelona (España): Wolters Kluwer Health; 2014. p. 333-340.
- (38) Jamon M. The development of vestibular system and related functions in mammals: impact of gravity. *Frontiers in Integrative Neuroscience* 2014;8(11):1-13.
- (39) Crossman AR, Neary D. Nervios craneales y núcleos de los nervios craneales. *Neuroanatomía Barcelona*: Masson; 2002. p. 103-116.
- (40) Lopez C, Halje P, Blanke O. Body ownership and embodiment: vestibular and multisensory mechanisms. *Clinical Neurophysiology* 2008;38:149-161.
- (41) Ventre-Dominey J. Vestibular function in the temporal and parietal cortex: distinct velocity and inertial processing pathways. *Frontiers in Integrative Neuroscience* 2014;8(53):1-13.

- (42) Seemungal BM, Rizzo V, Gresty MA, Rothwell JC, Bronstein AM. Cortical processing in vestibular navigation. *Prog Brain Res* 2008;171:339-346.
- (43) Brandt T, Strupp M, Dieterich M. Towards a concept of disorders of “higher vestibular function”. *Front Integr Neurosci* 2014 Jun 2;8:47.
- (44) Kirsch V, Keeser D, Hergenroeder T, Erat O, Ertl-Wagner B, Brandt T, *et al.* Structural and functional connectivity mapping of the vestibular circuitry from human brainstem to cortex. *Brain Struct Funct* 2015 Jan 1.
- (45) Pfeiffer C, Serino A, Blanke O. The vestibular system: a spatial reference for bodily self-consciousness. *Front Integr Neurosci* 2014 Apr 17;8:31.
- (46) Tsutsumi T, Murakami M, Kawaishi J, Chida W, Fukuoka Y, Watanabe K. Postural stability during visual stimulation and the contribution from the vestibular apparatus. *Acta Otolaryngol* 2010 Apr;130(4):464-471.
- (47) Borel L, Lopez C, Péruch P, Lacour M. Vestibular syndrome: A change in internal spatial representation. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* 2008;38:375-389.
- (48) Lopez C, Lacour M, Leonard J, Magnan J, Borel L. How body position changes visual vertical perception after unilateral vestibular loss. *Neuropsychologia* 2008;46(9):2435-2440.
- (49) Massion J. Postural control system. *Curr Opin Neurobiol* 1994 Dec;4(6):877-887.
- (50) Barra J, Pérennou D, Thilo KV, Gresty MA, Bronstein AM. The awareness of body orientation modulates the perception of visual vertical. *Neuropsychologia* 2012;50(10):2492-8.
- (51) Barra J, Pérennou D. Le sens de verticalité est-il vestibulaire? *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* 2013;43:197-204.
- (52) Mars F, Vercher JL, Popov K. Dissociation between subjective vertical and subjective body orientation elicited by galvanic vestibular stimulation. *Brain Res Bull* 2005 Feb 15;65(1):77-86.
- (53) Wikipedia. Procesamiento espacial [en línea]. 2015; Disponible en:<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Procesamiento_espacial&oldid=84424852>. Consultado el:25 de octubre del 2015, 2015.
- (54) Barra J, Marquer A, Joassin R, Reymond C, Metge L, Chauvineau V, *et al.* Humans use internal models to construct and update a sense of verticality. *Brain* 2010 Dec;133(Pt 12):3552-3563.
- (55) Carriot J, DiZio P, Nougier V. Vertical frames of reference and control of body orientation. *Neurophysiol Clin* 2008 Dec;38(6):423-437.
- (56) Luyat M, Mobarek S, Leconte C, Gentaz E. The plasticity of gravitational reference frame and the subjective vertical: Peripheral visual information affects the oblique effect. *Neuroscience letters* 2005;385:215-219.

- (57) Lacquaniti F, Bosco G, Gravano S, Indovina I, La Scaleia B, Maffei V, *et al.* Multisensory integration and internal models for sensing gravity effects in primates. *Biomed Res Int* 2014;2014:615854.
- (58) Lopez C, Blanke O. The thalamocortical vestibular system in animals and humans. *Brain Res Rev* 2011 6/24;67(1-2):119-146.
- (59) Kheradmand A, Lasker A, Zee DS. Transcranial magnetic stimulation (TMS) of the supramarginal gyrus: a window to perception of upright. *Cereb Cortex* 2015 Mar;25(3):765-771.
- (60) Saj A, Cojan Y, Musel B, Honoré J, Borel L, Vuilleumier P. Functional neuroanatomy of egocentric versus allocentric space representation. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* 2014 1;44(1):33-40.
- (61) Ferre ER, Longo MR, Fiori F, Haggard P. Vestibular modulation of spatial perception. *Front Hum Neurosci* 2013 Oct 10;7:660.
- (62) Tabak S, Collewyn H, Boumans LJ. Deviation of the subjective vertical in long-standing unilateral vestibular loss. *Acta Otolaryngol* 1997 Jan;117(1):1-6.
- (63) Vibert D, Hausler R. Long-term evolution of subjective visual vertical after vestibular neurectomy and labyrinthectomy. *Acta Otolaryngol* 2000 Aug;120(5):620-622.
- (64) Mast FW, Preuss N, Hartmann M, Grabherr L. Spatial cognition, body representation and affective processes: the role of vestibular information beyond ocular reflexes and control of posture. *Front Integr Neurosci* 2014 May 27;8:44.
- (65) Cheron G, Leroy A, De Saedeleer C, Bengoetxea A, Lipshits M, Cebolla A, *et al.* Effect of gravity on human spontaneous 10-Hz electroencephalographic oscillations during the arrest reaction. *Brain Res* 2006 11/22;1121(1):104-116.
- (66) McIntyre JL, M. Central processes amplify and transform anisotropies of the visual system in a test of visual-haptic coordination. *Jneurosci* 2008;28(5):1246-1261.
- (67) Lipshits M, McIntyre J. Gravity affects the preferred vertical and horizontal in visual perception of orientation. *Neuroreport* 1999 Apr 6;10(5):1085-1089.
- (68) Cheron G, Leroy A, Palmero-Soler E, De Saedeleer C, Bengoetxea A, Cebolla AM, *et al.* Gravity influences top-down signals in visual processing. *PLoS One* 2014 Jan 6;9(1):e82371.
- (69) Ceyte H, Cian C, Nougier V, Olivier I, Trousselard M. Role of gravity-based information on the orientation and localization of the perceived body midline. *Exp Brain Res* 2007;176:504-509.
- (70) Slattery EL, Sinks BC, Goebel JA. Vestibular tests for rehabilitation: applications and interpretation. *NeuroRehabilitation* 2011;29(2):143-151.
- (71) Takakusaki K. Neurophysiology of gait: from the spinal cord to the frontal lobe. *Mov Disord* 2013 Sep 15;28(11):1483-1491.

- (72) Hillier S, Hollohan V. Rehabilitacion vestibular para el trastorno vestibular periferico unilateral. The Cochrane Library 2008;2:1-43.
- (73) Santos-Pérez S, Pérez-Fernández N, Soto-Varela A, Barona-de-Guzmán R. Síndrome vestibular periférico. Rev Med Univ Navarra 2003;47(4):38-50.
- (74) Soto-Varela A, Arán-González I, López-Escámez JA, Morer-Pérez C, Oliva-Domínguez M, Pérez Fernández N, *et al.* Clasificación de los vértigos periféricos de la Comisión de Otoneurología de la Sociedad Española de Otorrinolaringología: concordancia diagnóstica y actualización (versión 2, año 2011). Acta Otorrinolaringol Esp 2012;63(2):125-131.
- (75) Chiarella G, Petrolo C, Cassandro E. The Genetics of Ménière's Disease. Appl Clin Genet 2015;8:9-15.
- (76) Cabrera Kang CM, Tusa RJ. Vestibular rehabilitation: rationale and indications. Semin Neurol 2013 Jul;33(3):276-285.
- (77) Borel L, Redon-Zouiteni C, Cauvin P, Dumitrescu M, Devèze A, Magnan J, *et al.* Unilateral vestibular loss impairs external space representation. PloS one 2014;9(2):1-10.
- (78) Schubert MC, Migliaccio AA, Clendaniel RA, Allak A, Carey JP. Mechanism of dynamic visual acuity recovery with vestibular rehabilitation. Arch Phys Med Rehabil 2008 Mar;89(3):500-507.
- (79) Migliaccio AA, Schubert MC. Unilateral adaptation of the human angular vestibulo-ocular reflex. J Assoc Res Otolaryngol 2013 Feb;14(1):29-36.
- (80) Mbongo F, Patko T, Vidal PP, Vibert N, Tran Ba Huy P, De Waele C. Postural control in patients with unilateral vestibular lesions is more impaired in the roll than in the pitch plane: a static and dynamic posturography study. Audiol Neurotol 2005;10:291-302.
- (81) Marchetti GF, Whitney SL, Blatt PJ, Morris LO, Vance JM. Temporal and spatial characteristics of gait during performance of the dynamic gait index in people with and people without balance or vestibular disorders. Physical Therapy 2008;88:640-651.
- (82) American Academy of otolaryngology-Head and Neck Surgery. Posturography. 2014; Disponible en:<http://www.entnet.org/content/posturography>. Consultado el:09/05, 2015.
- (83) Allum JH, Shepard NT. An overview of the clinical use of dynamic posturography in the differential diagnosis of balance disorders. J Vestib Res 1999;9(4):223-252.
- (84) Loader B, Gruther W, Mueller CA, Neuwirth G, Thurner S, Ehrenberger K, *et al.* Improved postural control after computerized optokinetic therapy based on stochastic visual stimulation in patients with vestibular dysfunction. J Vestib Res 2007;17(2-3):131-136.

- (85) Badaracco C, Labini FS, Meli A, De Angelis E, Tufarelli D. Vestibular rehabilitation outcomes in chronic vertiginous patients through computerized dynamic visual acuity and Gaze stabilization test. *Otol Neurotol* 2007 Sep;28(6):809-813.
- (86) Chaudhry H, Bukiet B, Ji Z, Findley T. Measurement of balance in computer posturography: Comparison of methods--A brief review. *J Bodyw Mov Ther* 2011 Jan;15(1):82-91.
- (87) Giray M, Kirazli Y, Karapolat H, Celebisoy N, Bilgen C, Kirazli T. Short-term effects of vestibular rehabilitation in patients with chronic unilateral vestibular dysfunction: a randomized controlled study. *Arch Phys Med Rehabil* 2009 Aug;90(8):1325-1331.
- (88) Karim H, Fuhrman SI, Sparto P, Furman J, Huppert T. Functional brain imaging of multi-sensory vestibular processing during computerized dynamic posturography using near-infrared spectroscopy. *Neuroimage* 2013 Jul 1;74:318-325.
- (89) Duque G, Boersma D, Loza-Diaz G, Hassan S, Suarez H, Geisinger D, *et al.* Effects of balance training using a virtual-reality system in older fallers. *Clinical Interventions in Aging* 2013;8:257-263.
- (90) Garcia AP, Ganança MM, Cusin FS, Tomaz A, Ganança FF, Caovilla HH. Vestibular rehabilitation with virtual reality in Ménière disease. *Brazilian Journal of Otorhinolaryngology* 2013;79(3):366-374.
- (91) Domenech-Vadillo E, Montes-Jovellar L, Rey-Martinez J, Perez-Fernandez N. Los patrones normal y vestibular en la posturografía dinámica de pacientes con enfermedad de Ménière. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2010;61(1):34-40.
- (92) Ghulyan V, Paolino M, Lopez C, Dumitrescu M, Lacour M. A new translational platform for evaluating aging or pathology-related postural disorders. *Acta Otolaryngol* 2005;125:607-617.
- (93) Quinzá V, Barona de Guzmán R. Posturografía: antecedentes históricos. Técnicas actuales para el registro de la postura. *Revista de Biomecánica* 2003 febrero:5-9.
- (94) Tsukamoto HF, Costa VS, Silva RA J, Pelosi GG, Marchiori LL, Vaz CR, *et al.* Effectiveness of a Vestibular Rehabilitation Protocol to Improve the Health-Related Quality of Life and Postural Balance in Patients with Vertigo. *Int Arch Otorhinolaryngol* 2015 Jul;19(3):238-247.
- (95) Cornilleau-Pérès V, Shabana N, Droulez J, Goh JCH, Lee GSM, Chew PTK. Measurement of the visual contribution to postural steadiness from the COP movement: methodology and reliability. *Gait & posture* 2005;22:96-106.
- (96) Duarte M, Freitas SM. Revision of posturography based on force plate for balance evaluation. *Rev Bras Fisioter* 2010 May-Jun;14(3):183-192.
- (97) Carriot J, Cian C, Paillard A, Denise P, Lackner JR. Influence of multisensory graviceptive information on the apparent zenith. *Exp Brain Res* 2011 Feb;208(4):569-579.

- (98) Lipshits M, Bengoetxea A, Cheron G, McIntyre J. Two reference frames for visual perception in two gravity conditions. *Perception* 2005;34(5):545-555.
- (99) Balaban CD, Hoffer ME, Gottshall KR. Top-down approach to vestibular compensation: Translational lessons from vestibular rehabilitation. *Brain res* 2012;101-111.
- (100) Alghadir AH, Iqbal ZA, Withney SL. An update on vestibular physical therapy. *Journal of the Chinese Medical Association* 2013;76:1-8.
- (101) Marioni G, Fermo S, Zanon D, Broi N, Staffieri A. Early rehabilitation for unilateral peripheral vestibular disorders: a prospective, randomized investigation using computerized posturography. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2013;270(2):425-435.
- (102) Bouccara D, Sémont A, Sterkers O. Rehabilitación vestibular. *EMC – Otorrinolaringología* 2003;32(2):1.
- (103) Hillier SL, McDonnell M. Vestibular rehabilitation for unilateral peripheral vestibular dysfunction. *Cochrane Database Syst Rev* 2011 Feb 16;(2):CD005397. doi(2):CD005397.
- (104) Ekvall E. Vestibular rehabilitation-For whom and how? A systematic review. 106-116. *Advances in Physiotherapy* 2007;9(3):106-116.
- (105) Deveze A, Bernard-Demanze L, Xavier F, Lavieille J-, Elziere M. Vestibular compensation and vestibular rehabilitation. Current concepts and new trends. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology* 2014 1;44(1):49-57.
- (106) Wikipedia. Realidad virtual. 2015; Disponible en:https://es.wikipedia.org/wiki/Realidad_virtual. Consultado el:08/02, 2015.
- (107) Kim J, Chung CY, Nakamura S, Palmisano S, Khuu SK. The Oculus Rift: a cost-effective tool for studying visual-vestibular interactions in self-motion perception. *Front Psychol* 2015 Mar 13;6:248.
- (108) Hekler EB, Buman MP, Grieco L, Rosenberger M, Winter SJ, Haskell W, *et al.* Validation of Physical Activity Tracking via Android Smartphones Compared to ActiGraph Accelerometer: Laboratory-Based and Free-Living Validation Studies. *JMIR Mhealth Uhealth* 2015 Apr 15;3(2):e36.
- (109) Meldrum D, Herdman S, Moloney R, Murray D, Duffy D, Malone K, *et al.* Effectiveness of conventional versus virtual reality based vestibular rehabilitation in the treatment of dizziness, gait and balance impairment in adults with unilateral peripheral vestibular loss: a randomised controlled trial. *BMC Ear Nose Throat Disord* 2012 Mar 26;12:3-6815-12-3.
- (110) Verdecchia DH, Mendoza M, Sanguineti F, Binetti AC. Resultados tras la rehabilitación vestibular y terapia Wii® en pacientes con hipofunción vestibular unilateral crónica. *Acta otorrinolaringológica española: Organó oficial de la Sociedad española de otorrinolaringología y patología cérvico-facial* 2014;65(6):339-345.
- (111) Stokes M. *Fisioterapia en la rehabilitación neurológica*. 2ª ed. España: Elsevier; 2006.

- (112) Mbongo F, Tran Ba Huy P, Vidal PP, de Waele C. Relationship between dynamic balance and self-reported handicap in patients who have unilateral peripheral vestibular loss. *Otol Neurotol* 2007 Oct;28(7):905-910.
- (113) Duracinsky M, Mosnier I, Bouccara D, Sterkers O, Chassany O. Literature review of questionnaires assessing vertigo and dizziness, and their impact on patients' quality of life. *Value in health* 2007;10(4):273-284.
- (114) Frissen I, Campos JL, Souman JL, Ernst MO. Integration of vestibular and proprioceptive signals for spatial updating. *Exp Brain Res* 2011 Jul;212(2):163-176.
- (115) Bizzo G, Guillet N, Patat A, Gagey PM. Specifications for building a vertical force platform designed for clinical stabilometry. *Medical & biological engineering & computing* 1985;23:474-476.
- (116) Rama J, Pérez N. Caracterización de la interacción sensorial en posturografía. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2004;55:62-66.
- (117) Jacobson GP, McCaslin DL, Grantham SL, Piker EG. Significant vestibular system impairment is common in a cohort of elderly patients referred for assessment of falls risk. *J Am Acad Audiol* 2008 Nov-Dec;19(10):799-807.
- (118) Perez N, Garmendia I, Martin E, Garcia-Tapia R. Cultural adaptation of 2 questionnaires for health measurement in patients with vertigo. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2000 Oct;51(7):572-580.
- (119) Perez N, Santandreu E, Benitez J, Rey-Martinez J. Improvement of postural control in patients with peripheral vestibulopathy. *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2006 May;263(5):414-420.
- (120) Cohen HS, Kimball KT. Increased independence and decreased vertigo after vestibular rehabilitation. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2003 Jan;128(1):60-70.
- (121) Badke MB, Shea TA, Miedaner JA, Grove CR. Outcomes after rehabilitation for adults with balance dysfunction. *Arch Phys Med Rehabil* 2004 Feb;85(2):227-233.
- (122) Krebs DE, Gill-Body KM, Parker SW, Ramirez JV, Wernick-Robinson M. Vestibular rehabilitation: useful but not universally so. *Otolaryngol Head Neck Surg* 2003 Feb;128(2):240-250.
- (123) Peterka RJ, Statler KD, Wrisley DM, Horak FB. Postural compensation for unilateral vestibular loss. *Front Neurol* 2011 Sep 6;2:57.
- (124) Seemungal BM. The cognitive neurology of the vestibular system. *Curr Opin Neurol* 2014 Feb;27(1):125-132.
- (125) Arnold SA, Stewart AM, Moor HM, Karl RC, Reneker JC. The Effectiveness of Vestibular Rehabilitation Interventions in Treating Unilateral Peripheral Vestibular Disorders: A Systematic Review. *Physiother Res Int* 2015 Jun 25.

- (126) Rossi-Izquierdo M, Santos-Perez S, Rubio-Rodriguez JP, Lirola-Delgado A, Zubizarreta-Gutierrez A, San Roman-Rodriguez E, *et al.* What is the optimal number of treatment sessions of vestibular rehabilitation? *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2014 Feb;271(2):275-280.
- (127) Gottshall K, Moore R, Hoffer M, and Cohen H. Comparison of body translation exercise and head motion exercise on vestibular balance in normal individuals who have been artificially spatially disoriented. 2005:Abstract No. 102.
- (128) Han BI, Song HS, Kim JS. Vestibular rehabilitation therapy: review of indications, mechanisms, and key exercises. *J Clin Neurol* 2011 Dec;7(4):184-196.
- (129) Herdman SJ, Hall CD, Delaune W. Variables associated with outcome in patients with unilateral vestibular hypofunction. *Neurorehabil Neural Repair* 2012 Feb;26(2):151-162.
- (130) Bittar RS, Pedalini ME, Ramalho JO, Yoshimura R. Critical analysis of vestibular rehabilitation outcome according to dizziness etiology. *Rev Bras Otorrinolaringol* 2007;73(6):760-764.
- (131) Karnath HO, Dieterich M. Spatial neglect--a vestibular disorder? *Brain* 2006 Feb;129(Pt 2):293-305.
- (132) Cohen HS, Gottshall KR, Graziano M, Malmstrom EM, Sharpe MH, Whitney SL, *et al.* International guidelines for education in vestibular rehabilitation therapy. *J Vestib Res* 2011;21(5):243-250.
- (133) Pierchala K, Lachowska M, Morawski K, Niemczyk K. Does effect of rehabilitation based on sensory conflicts in patients with vestibular deficits exceed learning effect? *NeuroRehabilitation* 2014;34(2):343-353.
- (134) Rossi-Izquierdo M, Santos-Perez S, Soto-Varela A. What is the most effective vestibular rehabilitation technique in patients with unilateral peripheral vestibular disorders? *Eur Arch Otorhinolaryngol* 2011 Nov;268(11):1569-1574.
- (135) Yeh JR, Hsu LC, Lin C, Chang FL, Lo MT. Nonlinear analysis of sensory organization test for subjects with unilateral vestibular dysfunction. *PLoS One* 2014 Mar 14;9(3):e91230.
- (136) Vieira Tde M, de Oliveira LF, Nadal J. An overview of age-related changes in postural control during quiet standing tasks using classical and modern stabilometric descriptors. *J Electromyogr Kinesiol* 2009 Dec;19(6):e513-9.
- (137) Pavlou M, Kanegaonkar RG, Swapp D, Bamiou DE, Slater M, Luxon LM. The effect of virtual reality on visual vertigo symptoms in patients with peripheral vestibular dysfunction: a pilot study. *J Vestib Res* 2012;22(5-6):273-281.
- (138) Horlings CG, Kung UM, Honegger F, Van Engelen BG, Van Alfen N, Bloem BR, *et al.* Vestibular and proprioceptive influences on trunk movements during quiet standing. *Neuroscience* 2009 Jul 7;161(3):904-914.

- (139) Fujimoto C, Egami N, Kinoshita M, Sugasawa K, Yamasoba T, Iwasaki S. Postural stability in vestibular neuritis: age, disease duration, and residual vestibular function. *Laryngoscope* 2014 Apr;124(4):974-979.
- (140) Lacour M, Dutheil S, Tighilet B, Lopez C, Borel L. Tell me your vestibular deficit, and i'll tell you how you'll compensate. *Ann N Y Acad Sci* 2009 May;1164:268-278.
- (141) Topuz O, Topuz B, Ardic FN, Sarhus M, Ogmen G, Ardic F. Efficacy of vestibular rehabilitation on chronic unilateral vestibular dysfunction. *Clin Rehabil* 2004 Feb;18(1):76-83.
- (142) Horlings CG, Kung UM, Bloem BR, Honegger F, Van Alfen N, Van Engelen BG, *et al.* Identifying deficits in balance control following vestibular or proprioceptive loss using posturographic analysis of stance tasks. *Clin Neurophysiol* 2008 Oct;119(10):2338-2346.
- (143) Okumura T, Horii A, Kitahara T, Imai T, Uno A, Osaki Y, *et al.* Somatosensory shift of postural control in dizzy patients. *Acta Otolaryngol* 2015 Sep;135(9):925-930.
- (144) Peterka RJ, Loughlin PJ. Dynamic regulation of sensorimotor integration in human postural control. *J Neurophysiol* 2004;91:410-423.
- (145) Bisdorff AR, Wolsley CJ, Anastasopoulos D, Bronstein AM, Gresty MA. The perception of body verticality (subjective postural vertical) in peripheral and central vestibular disorders. *Brain* 1996 Oct;119(Pt 5):1523-1534.
- (146) Jeka J, Kiemel T, Creath R, Horak F, Peterka R. Controlling Human Upright Posture: Velocity Information Is More Accurate Than Position or Acceleration. *J Neurophysiol* 2004 American Physiological Society;92(4):2368-2379.
- (147) Cousins S, Cutfield NJ, Kaski D, Palla A, Seemungal BM, Golding JF, *et al.* Visual dependency and dizziness after vestibular neuritis. *PLoS One* 2014 Sep 18;9(9):e105426.
- (148) Horak F. postural compensation for vestibular loss. *Ann N Y Acad Sci* 2009;1164:76-81.
- (149) Broglio SP, Sosnoff JJ, Rosengren KS, McShane K. A comparison of balance performance: computerized dynamic posturography and a random motion platform. *Arch Phys Med Rehabil* 2009 Jan;90(1):145-150.
- (150) Senot P, Zago M, Le Seac'h A, Zaoui M, Berthoz A, Lacquaniti F, *et al.* When up is down in 0g: how gravity sensing affects the timing of interceptive actions. *J Neurosci* 2012 Feb 8;32(6):1969-1973.
- (151) Fujimoto C, Murofushi T, Chihara Y, Ushio M, Yamaguchi T, Yamasoba T, *et al.* Effects of unilateral dysfunction of the inferior vestibular nerve system on postural stability. *Clin Neurophysiol* 2010 Aug;121(8):1279-1284.

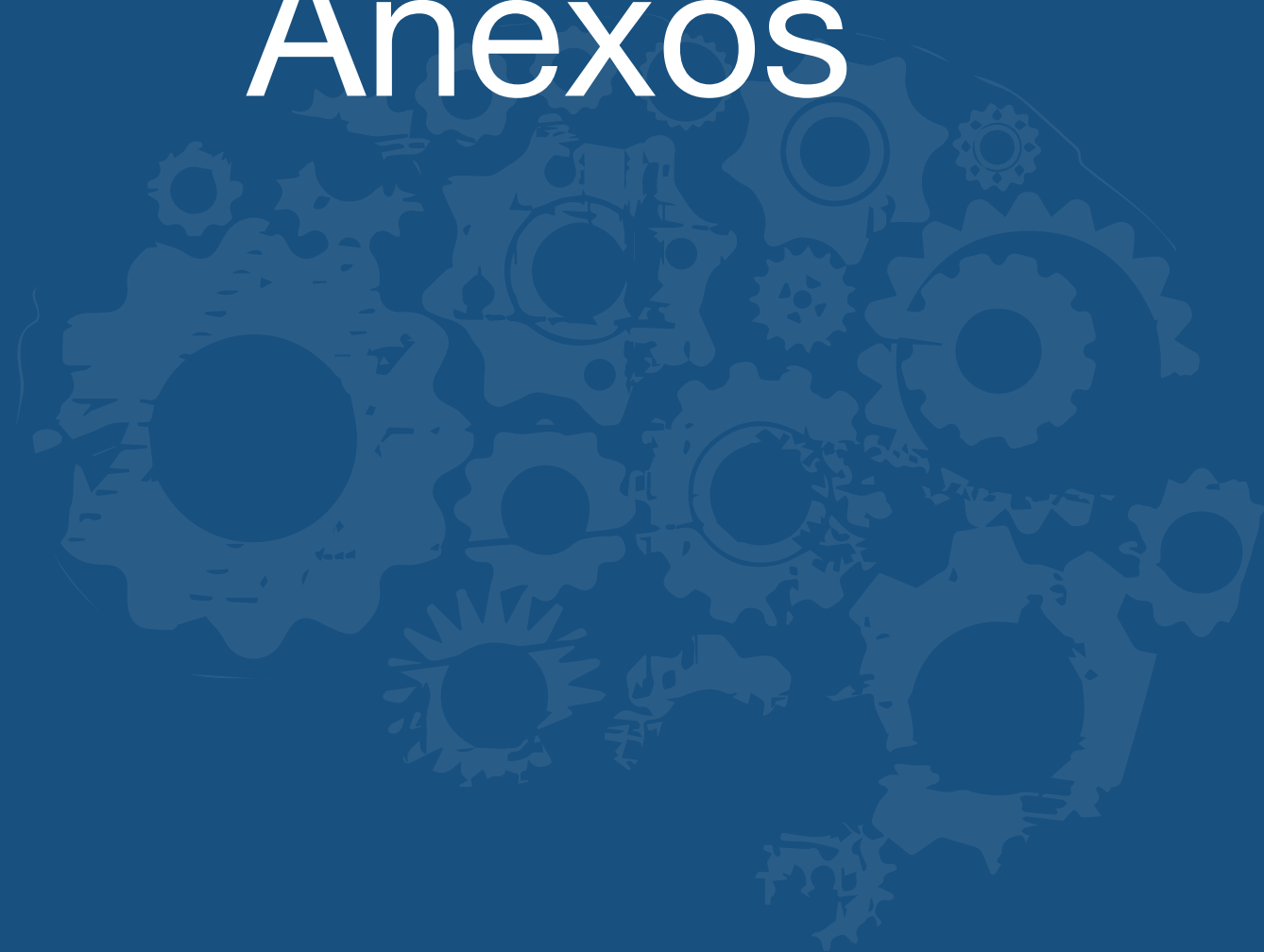
- (152) Horak FB, Nashner LM. Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations. *J Neurophysiol* 1986 Jun;55(6):1369-1381.
- (153) Parietti-Winkler C, Gauchard GC, Simon C, Perrin PP. Sensorimotor postural rearrangement after unilateral vestibular deafferentation in patients with acoustic neuroma. *Neurosci Res* 2006 Jun;55(2):171-181.
- (154) Nardone A, Schieppati M. Medium-latency response to muscle stretch in human lower limb: estimation of conduction velocity of group II fibres and central delay. *Neurosci Lett* 1998 Jun 12;249(1):29-32.
- (155) Nardone A, Schieppati M. Reflex contribution of spindle group Ia and II afferent input to leg muscle spasticity as revealed by tendon vibration in hemiparesis. *Clin Neurophysiol* 2005 Jun;116(6):1370-1381.
- (156) Crane BT. Human visual and vestibular heading perception in the vertical planes. *J Assoc Res Otolaryngol* 2014 Feb;15(1):87-102.
- (157) Carriot J, Jamali M, Cullen KE. Rapid adaptation of multisensory integration in vestibular pathways. *Front Syst Neurosci* 2015 Apr 16;9:59.
- (158) Kao CL, Chen LK, Chern CM, Hsu LC, Chen CC, Hwang SJ. Rehabilitation outcome in home-based versus supervised exercise programs for chronically dizzy patients. *Arch Gerontol Geriatr* 2010 Nov-Dec;51(3):264-267.
- (159) Nardone A, Godi M, Artuso A, Schieppati M. Balance rehabilitation by moving platform and exercises in patients with neuropathy or vestibular deficit. *Arch Phys Med Rehabil* 2010 Dec;91(12):1869-1877.
- (160) Jauregui-Renaud K, Cruz-Gomez NS, Villanueva-Padron LA. Repeatability of static posturography on the follow-up of vestibular rehabilitation. *Arch Med Res* 2013 Feb;44(2):151-158.
- (161) Gao Z, van Beugen BJ, De Zeeuw CI. Distributed synergistic plasticity and cerebellar learning. *Nat Rev Neurosci* 2012 Sep;13(9):619-635.
- (162) Allum JH, Honegger F, Schicks H. The influence of a bilateral peripheral vestibular deficit on postural synergies. *J Vestib Res* 1994 Spring;4(1):49-70.
- (163) Allum JH, Pfaltz CR. Visual and vestibular contributions to pitch sway stabilization in the ankle muscles of normals and patients with bilateral peripheral vestibular deficits. *Exp Brain Res* 1985;58(1):82-94.
- (164) Keshner EA, Allum JH, Pfaltz CR. Postural coactivation and adaptation in the sway stabilizing responses of normals and patients with bilateral vestibular deficit. *Exp Brain Res* 1987;69(1):77-92.
- (165) Brugnera C, Bittar RSM, Greters ME, Basta D. Effects of vibrotactile vestibular substitution on vestibular rehabilitation-preliminary study. *Braz J Otorhinolaryngol* 2015 en prensa.

- (166) Bunday KL, Bronstein AM. Visuo-vestibular influences on the moving platform locomotor aftereffect. *J Neurophysiol* 2008 Mar;99(3):1354-1365.
- (167) Maurer C, Mergner T, Peterka RJ. Multisensory control of human upright stance. *Exp Brain Res* 2006;171:231-250.
- (168) Guerraz M, Yardley L, Bertholon P, Pollak L, Rudge P, Gresty MA, *et al.* Visual vertigo: symptom assessment, spatial orientation and postural control. *Brain* 2001 Aug;124(Pt 8):1646-1656.
- (169) Bronstein AM. Visual dependency and the visual control of balance in health and disease. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine* 2013 10;56, Supplement 1(0):e104.
- (170) Deveze A, Montava M, Lopez C, Lacour M, Magnan J, Borel L. Vestibular compensation following vestibular neurotomy. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis* 2015 Sep;132(4):197-203.
- (171) Dieterich M, Bense S, Lutz S, Drzezga A, Stephan T, Bartenstein P, *et al.* Dominance for vestibular cortical function in the non-dominant hemisphere. *Cereb Cortex* 2003 Sep;13(9):994-1007.
- (172) Dieterich M, Brandt T. The bilateral central vestibular system: its pathways, functions, and disorders. *Ann N Y Acad Sci* 2015 Apr;1343:10-26.
- (173) Chetana N, Jayesh R. Subjective Visual Vertical in Various Vestibular Disorders by Using a Simple *Bucket Test*. *Indian J Otolaryngol Head Neck Surg* 2015 Jun;67(2):180-184.
- (174) Ogawa Y, Otsuka K, Shimizu S, Inagaki T, Kondo T, Suzuki M. Subjective visual vertical perception in patients with vestibular neuritis and sudden sensorineural hearing loss. *J Vestib Res* 2012;22(4):205-211.
- (175) Cohen HS, Sangi-Haghpeykar H. Subjective visual vertical in vestibular disorders measured with the *bucket test*. *Acta Otolaryngol* 2012 Aug;132(8):850-854.
- (176) Aranda-Moreno C, Jáuregui-Renaud K. La estimación visual de lo que está vertical en alteraciones vestibulares. *Revista de investigación clínica* 2005;57(1):22-27.
- (177) Zwergal A, Rettinger N, Frenzel C, Dieterich M, Brandt T, Strupp M. A bucket of static vestibular function. *Neurology* 2009;72:1689-1692.
- (178) Luyat M, Noel M, Thery V, Gentaz E. Gender and line size factors modulate the deviations of the subjective visual vertical induced by head tilt. *BMC Neurosci* 2012 Mar 15;13:28-2202-13-28.
- (179) Appelle S. Perception and discrimination as a function of stimulus orientation: the “oblique effect” in man and animals. *Psychol Bull* 1972 Oct;78(4):266-278.
- (180) Witkin HA, Asch SE. Studies in space orientation; further experiments on perception of the upright with displaced visual fields. *J Exp Psychol* 1948 Dec;38(6):762-782.

- (181) Asch SE, Witkin HA. Studies in space orientation; perception of the upright with displaced visual fields and with body tilted. *J Exp Psychol* 1948 Aug;38(4):455-477.
- (182) Jaekl P, Jenkin M, Harris LR. Perceptual stability during active head movements orthogonal and parallel to gravity. *J Vestib Res* 2003;13(4-6):265-271.
- (183) Dyde RT, Jenkin MR, Harris LR. The subjective visual vertical and the perceptual upright. *Exp Brain Res* 2006 Sep;173(4):612-622.
- (184) van Beers RJ, Sittig AC, Denier van der Gon JJ. How humans combine simultaneous proprioceptive and visual position information. *Exp Brain Res* 1996 Sep;111(2):253-261.
- (185) Ernst MO, Banks MS. Humans integrate visual and haptic information in a statistically optimal fashion. *Nature* 2002 Jan 24, 2002;415(6870):429-33.
- (186) Tagliabue M, McIntyre J. Necessity is the mother of invention: reconstructing missing sensory information in multiple, concurrent reference frames for eye-hand coordination. *J Neurosci* 2011 Jan 26;31(4):1397-1409.
- (187) Tabak S, Smeets JB, Collewyn H. Modulation of the human vestibuloocular reflex during saccades: probing by high-frequency oscillation and torque pulses of the head. *J Neurophysiol* 1996 Nov;76(5):3249-3263.
- (188) Borel L, Harlay F, Lopez C, Magnan J, Chays A, Lacour M. Walking performance of vestibular-defective patients before and after unilateral vestibular neurectomy. *Behav Brain Res* 2004 Apr 2;150(1-2):191-200.
- (189) Essock EA, Krebs WK, Prather JR. An anisotropy of human tactile sensitivity and its relation to the visual oblique effect. *Exp Brain Res* 1992;91(3):520-524.
- (190) Dick M, Hochstein S. Visual orientation estimation. *Percept Psychophys* 1989 Sep;46(3):227-234.
- (191) Yakimoff N, Lansky P, Mitrani L, Radil T. Is the 45 degrees-oblique a third dominant direction? *Acta Neurobiol Exp (Wars)* 1989;49(1):47-50.
- (192) Baud-Bovy G, Viviani P. Amplitude and direction errors in kinesthetic pointing. *Exp Brain Res* 2004 Jul;157(2):197-214.
- (193) Luyat M, Gentaz E. Body tilt effect on the reproduction of orientations: studies on the visual oblique effect and subjective orientations. *J Exp Psychol Hum Percept Perform* 2002 Aug;28(4):1002-1011.

11

Anexos



Anexo I



Informe Dictamen Favorable Proyecto Investigación Biomédica

C.P. - C.I. PI13/0063

15 de mayo de 2013

Dña. María González Hínjos, Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

CERTIFICA

1º. Que el CEIC Aragón (CEICA) en su reunión del día 15/05/2013, Acta Nº 09/2013 ha evaluado la propuesta del investigador referida al estudio:

Título: Estudio de la integración multisensorial en el trastorno vestibular periférico sintomático: valoración de un programa de reeducación.

Investigador Principal: Mª Pilar Domínguez Oliván. HU Miguel Servet

Versión Protocolo: mayo/2013

Versión hoja de información al participante: v 3.955, mayo/2013

1º. Considera que

- El proyecto se plantea siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y su realización es pertinente.
- Se cumplen los requisitos necesarios de idoneidad del protocolo en relación con los objetivos del estudio y están justificados los riesgos y molestias previsibles para el sujeto.
- Son adecuados tanto el procedimiento para obtener el consentimiento informado como la compensación prevista para los sujetos por daños que pudieran derivarse de su participación en el estudio.
- El alcance de las compensaciones económicas previstas no interfiere con el respeto a los postulados éticos.
- La capacidad de los Investigadores y los medios disponibles son apropiados para llevar a cabo el estudio.

2º. Por lo que este CEIC emite un **DICTAMEN FAVORABLE**.

Lo que firmo en Zaragoza, a 15 de mayo de 2013

Fdo:



Dña. María González Hínjos
Secretaria del CEIC Aragón (CEICA)

Anexo II

Consentimientos informados

Hoja informativa del estudio

Valoración posturográfica de la reeducación del trastorno vestibular periférico sintomático. Contribución al estudio de la integración multisensorial en la orientación espacial.

El proyecto de investigación en el que se le invita a participar pretende estudiar los siguientes apartados:

La calidad de su equilibrio

Cuantificar en qué medida el aparato vestibular (en oído interno) contribuye a su orientación espacial

La eficacia de las sesiones de rehabilitación mediante la plataforma de posturografía de la Unidad de Vértigo del Hospital Miguel Servet o mediante tabla de ejercicios a realizar en su domicilio, si usted presenta alteraciones del equilibrio debidas a lesión en su aparato vestibular.

Para los dos primeros apartados, sobre la plataforma de equilibrio denominada posturografo, se registrarán las presiones de sus pies con dicha plataforma parada o en movimiento. Así se analiza la calidad de su equilibrio y el riesgo que tiene de caída.

Seguidamente, sentado y de pie, se le pedirá que oriente unas líneas que irán apareciendo en la pantalla de un ordenador. De esta forma se podrá valorar la calidad de su orientación espacial.

Tras realizar estas pruebas Vd. puede notar sensación de cansancio, mareo / discomfort o un aumento de la inestabilidad.

(Se completa la información acerca de las sesiones de tratamiento en el consentimiento informado de reeducación vestibular con plataforma de posturografía).

Hoja informativa complementaria de las sesiones de tratamiento con posturógrafo

(Adaptación del Modelo de consentimiento informado del Hospital Universitario Miguel Servet de Zaragoza)

1.- Este tratamiento se realiza con un aparato denominado posturógrafo, que dispone de una plataforma con sensores en su base que registran las presiones de los pies. Dicha información es trasladada a la pantalla de un ordenador como un punto que usted puede ver y controlar voluntariamente y nos permitirá una valoración precisa de su equilibrio y también servirá para su tratamiento.

Habitualmente se realizan varias sesiones de unos 30-40 minutos de duración, incluyendo ejercicios de dificultad progresiva.

2.- Las sesiones de tratamiento van a utilizar la capacidad de autocontrol y aprendizaje del cerebro para conseguir mediante la realización de ejercicios de dificultad progresiva un mejor equilibrio.

Este tratamiento pretende conseguir su mejoría clínica y funcional, objetivo que se obtiene en un porcentaje elevado de pacientes que lo realizan de acuerdo con los numerosos estudios científicos realizados. El efecto beneficioso se va notando con el desarrollo de las sesiones y con posterioridad a su finalización. No es un objetivo de este tratamiento la curación completa de su patología.

3.- En general el tratamiento de reeducación vestibular con posturógrafo se indica cuando otros tratamientos médicos previos, farmacológicos, con ejercicios domiciliarios o supervisados no le han hecho mejorar suficientemente, persistiendo una limitación funcional importante.

4.- Riesgos frecuentes y menos graves: las sesiones van a requerir su esfuerzo físico y mental. Por ello puede presentar al finalizar la sesión y con posterioridad los siguientes problemas: cansancio, aumento de la inestabilidad inicial, dolores musculares en las extremidades o el cuello.

Consentimiento informado por escrito para el paciente

Título del estudio: Valoración posturográfica de la reeducación del trastorno vestibular periférico sintomático. Contribución al estudio de la integración multisensorial en la orientación espacial.

Yo, (nombre y apellidos del participante)

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.

He hablado con: .M^a Pilar Domínguez Oliván

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- 1) cuando quiera
- 2) sin tener que dar explicaciones
- 3) sin que esto repercuta en mis cuidados médicos

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Deseo ser informado sobre los resultados del estudio: sí no (marque lo que proceda)

Doy mi conformidad para que mis datos clínicos sean revisados por personal ajeno al centro, para los fines del estudio y soy consciente de que este consentimiento es revocable.

He recibido una copia firmada de este Consentimiento Informado.

Firma del participante:

Fecha:

He explicado la naturaleza y el propósito del estudio al paciente mencionado

Firma del Investigador:

Fecha:

Consentimiento informado estudio Versión_____03.955_____, fecha_____

Consentimiento informado para los participantes del grupo control

Título del estudio: Valoración posturográfica de la reeducación del trastorno vestibular periférico sintomático. Contribución al estudio de la integración multisensorial en la orientación espacial.

Yo, (nombre y apellidos del participante)

He leído la hoja de información que se me ha entregado.

He podido hacer preguntas sobre el estudio y he recibido suficiente información sobre el mismo.

He hablado con:(nombre del investigador)

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- 1) cuando quiera
- 2) sin tener que dar explicaciones

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Deseo ser informado sobre los resultados del estudio: sí no (marque lo que proceda)

Doy mi conformidad para que mis datos clínicos sean revisados por personal ajeno al centro, para los fines del estudio, y soy consciente de que este consentimiento es revocable.

He recibido una copia firmada de este Consentimiento Informado.

Firma del participante:

Fecha:

He explicado la naturaleza y el propósito del estudio al paciente mencionado

Firma del Investigador:

Fecha:

Consentimiento informado estudio Versión 03.955, fecha_____

Anexo III

Cuestionario DHI (*Dizziness Handicap Inventory*) de discapacidad vestibular

Adaptado por Pérez *et al* (118).

Instrucciones: el propósito de esta escala es identificar las dificultades que Vd. puede experimentar debido a su vértigo o falta de equilibrio. Por favor conteste “sí”, “no” o “a veces” a cada pregunta. Conteste a cada una de las preguntas según se refieran al problema de su vértigo o falta de equilibrio.

P1. ¿Levantar la vista aumenta su problema?

E2. ¿Se siente frustrado a causa de su problema ?

F3.- ¿A causa de su problema ¿decide limitar sus viajes de negocio o de ocio?

P4 ¿Caminar por los pasillos de un supermercado aumenta su problema?

F5. A causa de su problema ¿experimenta dificultades al acostarse y levantarse de la cama?

F6. ¿Su problema limita de forma significativa su participación en actividades de ocio tales como cenar fuera de casa, ir al cine, ir a bailar o a fiestas?

F7. A causa de su problema ¿experimenta dificultades al leer?

P8. ¿Realizar actividades más exigentes tales como hacer deporte, bailar o trabajos domésticos (por ejemplo barrer o recoger los platos) aumenta su problema?

E9. A causa de su problema ¿tiene miedo a salir de casa sin que nadie le acompañe?

E10. A causa de su problema ¿ha sentido vergüenza delante de otros?

P11. ¿Los movimientos rápidos de cabeza aumentan su problema?

F12. A causa de su problema ¿evita las alturas?

P13. ¿Aumenta su problema darse la vuelta en la cama?

F14. A causa de su problema ¿le resulta difícil realizar trabajos domésticos agotadores?

E15. A causa de su problema ¿tiene miedo a que la gente piense que está ebrio?

F16. A causa de su problema ¿le resulta difícil pasear solo?

P17. ¿Caminar por la acera aumenta su problema?

E18. A causa de su problema ¿le resulta difícil concentrarse?

F19. A causa de su problema ¿le resulta difícil caminar por su casa a oscuras?

E20. A causa de su problema ¿tiene miedo de quedarse solo en casa?

E21. A causa de su problema ¿se siente incapacitado?

E22. ¿Su problema ha dificultado las relaciones con sus familiares o amigos?

E23. A causa de su problema ¿se siente deprimido?

F24. ¿Influye negativamente su problema en sus responsabilidades domésticas o laborales?

P25. ¿Aumenta su problema al agacharse?

Tipos de respuesta: Siempre 4 puntos. A veces 2 puntos. Nunca 0 punto.

Subdivisión del cuestionario: Categorías de preguntas.

- Aspecto emocional E (9): 2, 9, 10, 15, 18, 20, 21, 22, 23. Puntuación emocional máxima: 36 puntos
- Aspecto funcional F (9): 3, 5, 6, 7, 12, 14, 16, 19, 24. Puntuación funcional máxima: 36 puntos
- Aspectos físicos P (7): 1, 4, 8, 11, 13, 17, 25. Puntuación física máxima: 28 puntos

Anexo IV

Escala de puntuación global de cambio

Apellidos y nombre:

Fecha:.....Código:.....

Valore la mejoría obtenida con el tratamiento de reeducación vestibular que ha recibido (marque lo que proceda):

- 0. Peor
- 1. Sin cambios
- 2. Casi igual
- 3. Un poco mejor
- 4. Algo mejor
- 5. Moderadamente mejor
- 6. Mejor
- 7. Mucho mejor

Anexo V

Resultados del estudio posturográfico con gafas de realidad virtual

		Grupo control (n = 30)								
		Sin Oculus		Con Oculus			Con Oculus			
				Imagen pelota			Imagen globo aerostático			
		M	DS	M	DS	p	M	DS	p	
Centro de presiones en X (mm)	OA	-4,65	7,90	-4,19	9,45	0,797	-3,61	9,56	0,470	
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-19,11	9,27	-17,00	9,39	0,183	-16,56	9,68	0,003	
Amplitud máxima en X (mm)	OA	8,07	3,40	8,22	2,88	0,804	9,12	4,19	0,041	
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	11,49	4,54	12,87	3,84	0,173	15,40	5,90	0,713	
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	126,83	26,67	228,57	66,73	0,000	271,88	128,54	0,004	
Superficie del estatocinesigrama (mm ²)	OA	97,14	102,76	87,24	57,29	0,614	116,14	80,00	0,246	
LFS (mm/mm ²)	OA	0,47	0,09	0,85	0,23	0,000	0,96	0,40	0,003	

Tabla 82. Valores medios de la posturografía estática realizada con los ojos abiertos en el grupo control, sin gafas de realidad virtual y con las gafas de realidad virtual mientras se visualizaba un vídeo con una pelota u otro vídeo con un globo aerostático.

Grupo vestibular gafas (n=3) antes del tratamiento				
		Sin Oculus	Con Oculus	Con Oculus
			Imagen pelota	Imagen globo aerostático
		Media	Media	Media
Centro de presiones en X (mm)	OA	0,08	-5,43	-5,50
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-18,41	-19,60	-18,37
Amplitud máxima en X (mm)	OA	14,84	9,68	11,34
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	15,46	20,79	23,60
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	135,47	365,14	423,54
Superficie del estatocinesigrama (mm ²)	OA	224,94	180,45	202,39
LFS (mm/mm ²)	OA	0,50	1,07	1,97

Tabla 83. Valores medios de la posturografía estática realizada con los ojos abiertos en los sujetos del grupo vestibular gafas antes del tratamiento, sin gafas de realidad virtual y con las gafas RV mientras se visualizaba un vídeo con una pelota u otro vídeo con un globo aerostático.

Grupo vestibular gafas (n=3) después del tratamiento				
		Sin Oculus	Con Oculus	Con Oculus
			Imagen pelota	Imagen globo aerostático
		Media	Media	Media
Centro de presiones en X (mm)	OA	-0,35	0,25	-0,17
Centro de presiones en Y (mm)	OA	-18,86	-17,22	-29,88
Amplitud máxima en X (mm)	OA	11,93	14,19	28,88
Amplitud máxima en Y (mm)	OA	23,56	25,01	47,03
Longitud del estatocinesigrama (mm)	OA	365,01	381,96	705,85
Superficie del estatocinesigrama (mm ²)	OA	321,88	214,82	697
LFS (mm/mm ²)	OA	0,52	1,14	0,84

Tabla 84. Valores medios de la posturografía estática realizada con los ojos abiertos en los sujetos del grupo vestibular gafas después del tratamiento, sin gafas de realidad virtual y con las gafas RV mientras se visualizaba un vídeo con una pelota u otro vídeo con un globo aerostático.